

การประเมินความจุของทางหลวงจากรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว
และอัตราการไหล: กรณีศึกษาถนนหนะรัชต์
อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

นางสาววิษา รังคะนันท์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2554

**HIGHWAY CAPACITY ASSESSMENT BASED ON
RELATIONSHIP BETWEEN SPACE MEAN
SPEED AND FLOW: A CASE STUDY OF
THANARAT ROAD, PAK CHONG,
NAKHON RATCHASIMA**

Whichaya Ringkananont

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Transportation Engineering
Suranaree University of Technology
Academic Year 2011**

การประเมินความจุของทางหลวงจากระบบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและ
อัตราการไหล : กรณีศึกษาถนนพระราชวัง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นักศึกษานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(รศ. ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห)

ประธานกรรมการ

(อ. ดร.ศิริพล ศิริธร)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(อ. ดร.รัฐพล ภูบุบผาพันธ์)

กรรมการ

(ศ. ดร.ชูกิจ ลิมปิจำนงค์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. ร.อ. ดร.กนต์ธร ชำนิประศาสน์)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

วิชา ริงคะนันท์ : การประเมินความจุของทางหลวงจากรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล : กรณีศึกษาถนนพระราชวัง อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา

(HIGHWAY CAPACITY ASSESSMENT BASED ON RELATIONSHIP BETWEEN SPACE MEAN SPEED AND FLOW : A CASE STUDY OF THANARAT ROAD, PAK CHONG, NAKHON RATCHASIMA)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ศิริคล ศิริธร, 174 หน้า.

ถนนพระราชวังเป็นถนนสายท่องเที่ยวและเป็นถนนสายหลักในการเดินทางเข้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่โดยแยกจากถนนมิตรภาพสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นระยะทาง 21 กิโลเมตร อยู่ในเขตการปกครองของตำบลหมูสี อำเภopakช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงระยะทาง 8 กิโลเมตรแรกของถนนสายพระราชวังจะเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร ส่วนถนนในช่วงถัดไปที่มีระยะทางอีก 13 กิโลเมตรจนถึงทางเข้าอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่จะเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร ในช่วงวันหยุดจะมีปริมาณจราจรหนาแน่น ประกอบด้วยยานพาหนะของนักท่องเที่ยวที่ไม่คุ้นเคยกับเส้นทาง และยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ของประชาชนในพื้นที่ใช้บริการถนนพระราชวังอย่างหนาแน่น การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการไหลของกระแสจราจรและประเมินความจุ (Capacity) ของถนนพระราชวังจากการเปรียบเทียบกับทฤษฎีการไหลของกระแสจราจร 5 ทฤษฎี ได้แก่ Greenshields Greenberg Underwood Northwestern และ Edie การศึกษานี้ได้แบ่งระยะทางของถนนพระราชวังออกเป็นช่วง ๆ ระยะทางช่วงละ 4 กิโลเมตร ตัวแปรจราจรพื้นฐานของกระแสจราจร ที่จะศึกษาได้แก่ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่น (Speed and Density) 2) ความสัมพันธ์ระหว่างการไหลและความหนาแน่น (Flow and Density) 3) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและการไหลจราจร (Speed and Flow) เพื่อประเมินอัตราการไหลสูงสุดและสภาพจราจรที่อัตราการไหลต่าง ๆ รวมทั้งความเร็วที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Speed) และความหนาแน่นที่เหมาะสม (Optimum Density) ของถนนพระราชวัง ผลการศึกษาถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจรแบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด และแบบจำลองของ Underwood กับ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรรองลงมา ส่วนถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจรแบบจำลองของ Greenberg กับ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด รองลงมาคือแบบจำลองของ Northwestern และ Underwood กับ Edie-Low ตามลำดับ ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจร และพบว่าแบบจำลองของ Greenshields ไม่มีประสิทธิภาพและไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์ กระแสจราจร ทั้งบนถนน 2 และ 4 ช่องจราจร จากผลการศึกษา

สามารถนำไปสร้างระบบข้อมูล การใช้ถนน เพื่อวางแผนและกำหนดมาตรการเพื่อจัดการ
การจราจรบนถนนระดับจังหวัดให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น



สาขาวิชา วิศวกรรมขนส่ง
ปีการศึกษา 2554

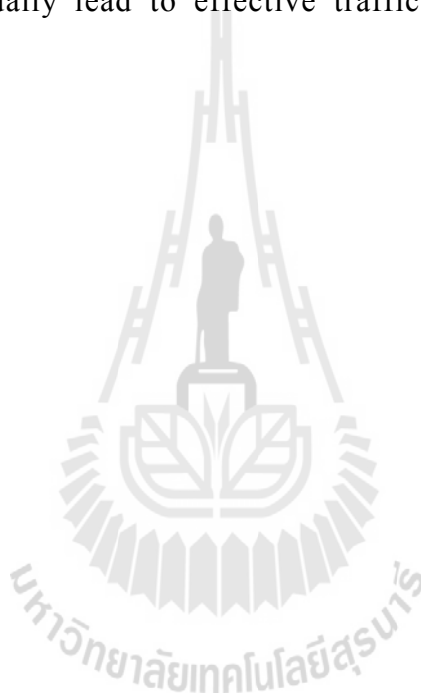
ลายมือชื่อนักศึกษา _____
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

WHICHAYA RINGKANANONT : HIGHWAY CAPACITY ASSESSMENT
BASED ON RELATIONSHIP BETWEEN SPACE MEAN SPEED AND
FLOW : A CASE STUDY OF THANARAT ROAD, PAK CHONG,
NAKHON RATCHASIMA. THESIS ADVISOR : SIRADOL SIRIDHARA ,
Ph.D., 174 PP.

SPEED / FLOW / TRAFFIC FLOW THEORIES

Thanarat Road is a tourist highway and a main corridor to Khao Yai National Park. Located in Mu Si Subdistrict, Pak Chong District, the 21-km highway connects Mittraphap Road (Highway 2) to Khao Yai National Park. The first 8 kilometers of Thanarat Road is a four-lane undivided section. The remaining 13 kilometers of the highway before Khao Yai National Park Gate is a two-lane undivided highway. Traffic jam usually occurs during weekends and long holidays in which traffic mix is made up from vacationers who are unfamiliar with the area, along with various types of local vehicles. This study research aims to study traffic flow characteristics and to estimate capacity of Thanarat Road with respect to five traffic flow theories which are Greenshield, Greenberg, Underwood, Northwestern and Edie. This study divided Thanarat Road into 4 km sections. Fundamental traffic characteristics of interests are relationships between 1) speed-density, 2) flow-density, and 3) speed - flow. The ultimate goal is to estimate the maximum flow rate and traffic conditions at different flow ranges, including optimum speed and optimum density of Thanarat Road. The study showed that Northwestern Model best describe traffic characteristics on the 4-lane

section. Underwood and Edie-Jam Models could also be applied with a reasonable precision. Mean while Greenberg and Edie-Jam were most effective models for the 2-lane section. Northwestern, Underwood and Edie-Low models could be equally applied with fair results. Greenshields model was found ineffective to describe traffic characteristics in any of these scenarios. The results would be used to create a road user information system, and eventually lead to effective traffic management measures for Thanarat Road.



School of Transportation Engineering

Academic Year 2011

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย อาทิเช่น

อาจารย์ ดร.ศิริคล ศิริธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการทำการศึกษาวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำในการเขียน และตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

รองศาสตราจารย์ ดร. วัฒนวงศ์ รัตนวราห ประธานกรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำให้แนวทางการเขียนรายงาน และช่วยตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

อาจารย์ ดร.รัฐพล ภูบุบผาพันธ์ กรรมการที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ ให้แนวทางการเขียนรายงาน และช่วยตรวจทานเนื้อหาวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

คุณวันเพ็ญ สืบสาย เลขานุการสาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง ที่ให้ความช่วยเหลือในการประสานงานด้านเอกสารต่าง ๆ ในระหว่างการศึกษา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนการศึกษา (ทุนงานวิจัยจากภายนอก) ในการศึกษาในระดับปริญญาโท

กองทุนสนับสนุนการวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์

อาจารย์ รองศาสตราจารย์ ศาสน์ สุขประเสริฐ และอาจารย์ กาญจน์กรอง สุอังคะ ที่ให้ความอนุเคราะห์ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ยิ่ง ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ ครู คณาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอนประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัยจนประสบผลสำเร็จในวันนี้

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ คุณตา คุณยาย และคุณน้า ที่ให้การอบรมเลี้ยงดูด้วยความรัก และให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้านเป็นอย่างดี จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิต

วิทยา รังคะนันทน์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ย่อภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญรูป.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 คำถามของการวิจัย.....	4
1.4 สมมติฐานของการวิจัย.....	4
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย.....	6
2 ทัศนั้วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 แบบจำลองการไหลจราจร.....	7
2.1.1 การไหลของกระแสจราจรเบื้องต้น.....	7
2.1.2 แบบจำลองกระแสจราจรเบื้องต้น.....	13
2.1.3 แบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ	16
2.2 การสำรวจปริมาณการจราจร.....	26
2.2.1 วัตถุประสงค์.....	26
2.2.2 ประโยชน์ของข้อมูลปริมาณจราจร.....	27
2.2.3 ชนิดของปริมาณการจราจร.....	27
2.2.4 คุณลักษณะของปริมาณการจราจร.....	28

สารบัญ (ต่อ)

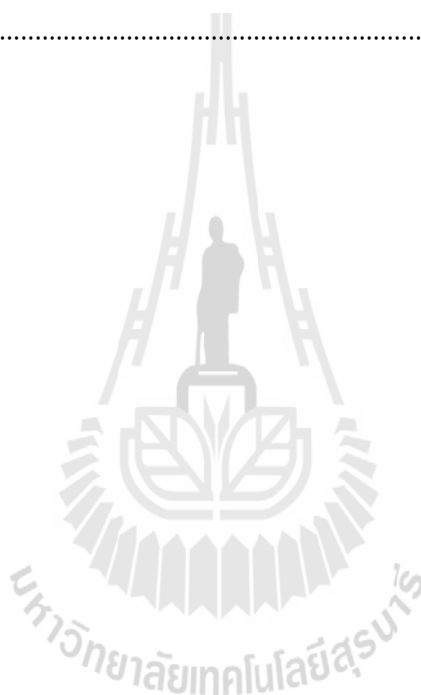
หน้า

2.2.5 การสำรวจหาค่าปริมาณการจราจร.....	30
2.3 วิธีการสำรวจปริมาณจราจร.....	31
2.3.1 สำรวจโดยใช้คนนับ.....	31
2.3.2 การสำรวจโดยใช้เครื่องมือ.....	32
2.3.3 การสำรวจโดยใช้ภาพถ่าย.....	32
2.3.4 การสำรวจโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ.....	32
2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์ความถดถอย.....	33
2.4.1 ประเภทของการวิเคราะห์ความถดถอย.....	33
2.4.2 ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ.....	34
2.5 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	34
3 ระเบียบการวิจัย.....	40
3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	40
4 การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	48
4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ.....	48
4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาอัตราการใช้.....	49
4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ย.....	49
4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาความเร็ว.....	58
4.1.4 การวิเคราะห์ Goodness of fit.....	68
4.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาอัตราการใช้สูงสุด.....	70
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ.....	71
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....	76
5.1 บทสรุป.....	76
5.1.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความเหมาะสมของแบบจำลอง.....	76
1) ถนนขนาด 4 ช่องจราจร.....	77
2) ถนนขนาด 2 ช่องจราจร.....	78
5.1.2 รูปแบบความต้องการเดินทางบนถนนระดับ.....	80

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.2 ข้อเสนอแนะ.....	81
เอกสารอ้างอิง.....	82
ภาคผนวก ก. ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามและตัวอย่างการคำนวณ.....	84
ภาคผนวก ข. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา.....	162
ประวัติผู้เขียน.....	174



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลอง single-regime ต่าง ๆ.....	21
2.2 แบบจำลอง multiregime ประเภทต่าง ๆ.....	23
2.3 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลอง multiregime ต่าง ๆ.....	24
2.4 ค่า Passenger Car Unit (PCU).....	29
2.5 สัมประสิทธิ์เปรียบเทียบรถยนต์นั่ง (Passenger Car Equivalent).....	30
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 1 ที่กิโลเมตรที่ 0–4 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ.....	49
4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 2 ที่กิโลเมตรที่ 4–8 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ.....	51
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 3 ที่กิโลเมตรที่ 8–12 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ.....	53
4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 4 ที่กิโลเมตรที่ 12–16 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ.....	55
4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 5 ที่กิโลเมตรที่ 16–21 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ.....	57
4.6 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่างๆ กับความเร็วที่ใช้จริงในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 1 ที่กิโลเมตรที่ 0 – 4.....	59
4.7 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่างๆ กับความเร็วที่ใช้จริงในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 2 ที่กิโลเมตรที่ 4 – 8.....	61
4.8 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่างๆ กับความเร็วที่ใช้จริงในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 3 ที่กิโลเมตรที่ 8 – 12.....	63
4.9 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่างๆ กับความเร็วที่ใช้จริงในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 4 ที่กิโลเมตรที่ 12 – 16.....	65
4.10 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่างๆ กับความเร็วที่ใช้จริงในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 5 ที่กิโลเมตรที่ 16 – 21.....	67
4.11 ค่า R^2 ของแบบจำลองต่าง ๆ.....	69
4.12 ค่าอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ.....	70
4.13 แสดงสัดส่วนรถประเภทต่าง ๆ ในทิศทางมุ่งสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่.....	73
4.14 แสดงสัดส่วนรถประเภทต่าง ๆ ในทิศทางมุ่งสู่ถนนมิตรภาพ.....	74
5.1 การไหลแบบไม่มีการกีดขวาง (Uninterrupted Flow).....	76
5.2 การไหลแบบมีการกีดขวาง (Interrupted Flow).....	77



สารบัญรูป

รูปที่

หน้า

1.1	พื้นที่ศึกษาทางหลวงหมายเลข 2090 ถนนชนรัษฎ์แทนด้วยเส้นสีเขียวและสีแดง.....	5
2.1	สภาพการจราจรระดับต่าง ๆ	8
2.2	กราฟแสดงการไหลกระแสจราจร (ระดับพื้นฐาน).....	9
2.3	ความสามารถอธิบายคุณลักษณะกระแสจราจรของแบบจำลอง single-regime.....	20
2.4	ความสามารถอธิบายคุณลักษณะกระแสจราจรของแบบจำลอง multiregime.....	25
3.1	จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 1.....	41
3.2	จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 2.....	42
3.3	จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 3.....	42
3.4	จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 4.....	43
3.5	จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 5.....	43
3.6	จุดที่ 1 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ.....	45
3.7	จุดที่ 2 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ.....	45
3.8	จุดที่ 3 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ.....	45
3.9	จุดที่ 4 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ.....	46
3.10	ขั้นตอนการดำเนินการ.....	47
4.1	ความต้องการเดินทางในทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่.....	71
4.2	ความต้องการเดินทางในทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ.....	72
4.3	สัดส่วนของรถประเภทต่าง ๆ ณ จุดกิโลเมตรที่ 4, 8, 12, 16 ในทิศทางมุ่งหน้าอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่.....	74
4.4	สัดส่วนของรถประเภทต่าง ๆ ณ จุดกิโลเมตรที่ 4, 8, 12, 16 ในทิศทางมุ่งหน้าถนนมิตรภาพ.....	75
5.1	แผนภูมิสำหรับใช้เลือกแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	80

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปากช่องเป็นอำเภอหนึ่งในจังหวัดนครราชสีมาและเป็นอำเภอแรกของการเดินทางเข้าสู่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของการเดินทางจากถนนมิตรภาพ อำเภอปากช่องมีพื้นที่ 1,825.2 ตารางกิโลเมตร มีประชากรประมาณ 190,000 คน อำเภอปากช่องตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของจังหวัดนครราชสีมา มีอาณาเขตติดต่อกับเขตการปกครองข้างเคียงดังนี้ ทิศเหนือติดต่อกับอำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา และอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี ทิศตะวันออกติดต่อกับอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ทิศใต้ติดต่อกับอำเภอประจันตคาม จังหวัดปราจีนบุรี อำเภอปากพลี และอำเภอเมืองนครนายก จังหวัดนครนายก ทิศตะวันตกติดต่อกับอำเภอมวกเหล็ก จังหวัดสระบุรี มีการปกครองส่วนท้องถิ่น โดยแบ่งท้องที่อำเภอปากช่องออกเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น 14 แห่ง ได้แก่

- เทศบาลเมืองปากช่อง ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของตำบลปากช่องและบางส่วนของตำบลหนองสาหร่าย
- เทศบาลตำบลกลางดง ครอบคลุมพื้นที่บางส่วนของตำบลกลางดงและบางส่วนของตำบลพญาเย็น
- เทศบาลตำบลสีมามงคล ครอบคลุมพื้นที่ตำบลกลางดง
(เฉพาะนอกเขตเทศบาลตำบลกลางดง)
- เทศบาลตำบลหมูสี ครอบคลุมพื้นที่ตำบลหมูสีทั้งตำบล
- เทศบาลตำบลวังไทร ครอบคลุมพื้นที่ตำบลวังไทรทั้งตำบล
- องค์การบริหารส่วนตำบลปากช่อง ครอบคลุมพื้นที่ตำบลปากช่อง
(เฉพาะนอกเขตเทศบาลเมืองปากช่อง)
- องค์การบริหารส่วนตำบลจันทึก ครอบคลุมพื้นที่ตำบลจันทึกทั้งตำบล
- องค์การบริหารส่วนตำบลวังกะทะ ครอบคลุมพื้นที่ตำบลวังกะทะทั้งตำบล
- องค์การบริหารส่วนตำบลหนองสาหร่าย ครอบคลุมพื้นที่ตำบลหนองสาหร่าย
(เฉพาะนอกเขตเทศบาลเมืองปากช่อง)

- องค์การบริหารส่วนตำบลชนงพระ ครอบคลุมพื้นที่ตำบลชนงพระทั้งตำบล
- องค์การบริหารส่วนตำบลโป่งตาลอง ครอบคลุมพื้นที่ตำบลโป่งตาลองทั้งตำบล
- องค์การบริหารส่วนตำบลคลองม่วง ครอบคลุมพื้นที่ตำบลคลองม่วงทั้งตำบล
- องค์การบริหารส่วนตำบลหนองน้ำแดง ครอบคลุมพื้นที่ตำบลหนองน้ำแดงทั้งตำบล
- องค์การบริหารส่วนตำบลพญาเย็น ครอบคลุมพื้นที่ตำบลพญาเย็น

(เฉพาะนอกเขตเทศบาลตำบลกลางดง)

พื้นที่ในอำเภอปากช่องส่วนใหญ่จะมีลักษณะการใช้ประโยชน์พื้นที่ในเชิงเกษตรกรรม รองลงมาเป็นการใช้ประโยชน์พื้นที่เชิงพาณิชย์กรรมและอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะ อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว เนื่องจากประชากรส่วนใหญ่ในอำเภอปากช่องมีอาชีพเกษตรกรรม โดยมีการเพาะปลูกพืชหลายชนิด ผลไม้ที่มีชื่อเสียงมีคุณภาพสูงของอำเภอปากช่อง คือ น้อยหน่า จึงมีการจัดงานวันเทศกาลน้อยหน่าเป็นงานประจำปีของอำเภออย่างต่อเนื่อง สามารถดึงดูด นักท่องเที่ยวเข้ามาในพื้นที่ได้เป็นจำนวนมากทุกปี ส่วนพืชผลอื่น ๆ ได้แก่ ข้าวโพด มันสำปะหลัง อ้อย มะม่วง ทุเรียน และลิ้นจี่ ประเภทพืชผักอื่น ๆ ที่เพาะปลูกกันมาก ได้แก่ มะละกอ พริก ผักชี แตงกวา และต้นหอม นอกจากนี้ การทำปศุสัตว์ก็เป็นอีกอาชีพหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ สามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวเข้ามาในพื้นที่ได้เป็นจำนวนมาก ได้แก่ การเลี้ยงไก่ สุกร และที่สำคัญ คือ โคเนื้อ มีฟาร์มโคเนื้อขนาดใหญ่ ตลอดจนโรงงานฟักไข่ขนาดใหญ่ สำหรับด้านพาณิชย์กรรมและ อุตสาหกรรมหลักโดยทั่วไปจะกระจายอยู่ในเขตตัวเมืองซึ่งเป็นเขตการค้าที่สำคัญ โดยมีท่าเลที่ตั้ง ตามแนวถนนมิตรภาพ (สายเก่า) ทั้งสองฝั่ง มีตลาดในตัวเมืองเพื่อแลกเปลี่ยนสินค้าหลายแห่ง แต่มีอาณาเขตติดต่อกันจนมีลักษณะเหมือนเป็นบริเวณเดียวกัน รายได้หลักที่สำคัญของอำเภอปาก ช่อง ที่ช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจในพื้นที่ คือ อุตสาหกรรมการท่องเที่ยว เนื่องจากเป็นอำเภอที่มี ทรัพยากรธรรมชาติเป็นปัจจัยและต้นทุน ที่ทำให้เกิดสถานที่ท่องเที่ยวทางธรรมชาติ อย่างหลากหลาย รวมถึงสถานที่ท่องเที่ยวเชิงเกษตร สถานที่ท่องเที่ยวสำหรับผู้ชื่นชอบการผจญ ภัยในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้ธุรกิจร้านอาหาร ที่พัก และรีสอร์ทเกิดขึ้นอย่างมากมาย เพื่อให้บริการ แก่นักท่องเที่ยวตลอดเส้นทางเข้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ซึ่งได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นมรดก โลกโดยองค์การยูเนสโก

ธุรกิจด้านการท่องเที่ยวส่วนใหญ่ จะตั้งอยู่ริมถนนทั้งสองด้าน ซึ่งเป็นเส้นทางสำหรับการเดินทางเข้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ประกอบไปด้วย 1) ทางหลวงชนบทสาย นม. 1016 และ 2) ทางหลวงหมายเลข 2090 หรือถนนธนรัชต์

ถนนธนรัชต์เป็นถนนสายท่องเที่ยวและเป็นถนนสายหลักในการเดินทางเข้าสู่อุทยาน แห่งชาติเขาใหญ่ โดยแยกจากถนนมิตรภาพสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นระยะทาง 21 กิโลเมตร

อยู่ในเขตการปกครองของตำบลหมูลี อำเภอปากช่อง ในช่วงระยะทาง 8 กิโลเมตรแรกของถนนสายพระราชวัง จะเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร ส่วนถนนช่วงถัดไปเป็นระยะทางอีก 13 กิโลเมตรจนถึงทางเข้าอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่จะเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร ในช่วงวันหยุดหรือวันหยุดนักขัตฤกษ์จะมีปริมาณจราจรหนาแน่น ซึ่งประกอบด้วยยานพาหนะของนักท่องเที่ยวที่ไม่คุ้นเคยกับเส้นทาง และยานพาหนะประเภทต่าง ๆ ของประชาชนในพื้นที่ ที่ใช้บริการถนนพระราชวังอย่างหนาแน่น

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาพฤติกรรมการไหลของกระแสจราจรและประเมินความจุ (Capacity) ของถนนพระราชวังจากการเปรียบเทียบกับทฤษฎีการไหลของกระแสจราจร 5 ทฤษฎี ได้แก่ Greenshields Greenberg Underwood Northwestern และ Edie โดยแบ่งถนน พระราชวังออกเป็น 5 ช่วง ระยะทางช่วงละ 4 กิโลเมตร และช่วงสุดท้ายระยะทาง 5 กิโลเมตร คุณสมบัติพื้นฐานของกระแสจราจรที่จะศึกษาได้แก่ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว-ความหนาแน่น (Speed and Density) 2) ความสัมพันธ์ระหว่างการไหล-ความหนาแน่น (Flow and Density) และ 3) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว-การไหลจราจร (Speed and Flow) เพื่อประเมินอัตราการไหลสูงสุดและสภาพจราจรที่อัตราการไหลต่าง ๆ รวมทั้งความเร็วที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Speed) และความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Density) ของถนนพระราชวัง ผลการศึกษาที่ได้จะนำไปวิเคราะห์ เพื่อเสนอแนวทางการกำหนดมาตรการในการจัดการถนนพระราชวังให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ณ ปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (Speed) และอัตราการไหล (Flow) และเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางวิศวกรรม เพื่อคำนวณความสามารถในการรองรับอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ของกระแสจราจรบนถนนพระราชวังในแต่ละช่วงของถนนที่ได้ทำการศึกษา

1.2.2 ศึกษารูปแบบความต้องการเดินทางบนถนนพระราชวัง เพื่อเสนอแนวทางการกำหนดมาตรการในการจัดการถนนพระราชวังให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ณ ปัจจุบัน

1.3 คำถามของการวิจัย

แบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ เช่น Greenshields Greenberg Underwood Northwestern และ Edie ที่ใช้ในการวิเคราะห์จะมีประสิทธิภาพในการทำนายการจราจรของถนนที่มีลักษณะต่างกันได้คล้ายกันหรือแตกต่างกันอย่างไร และแบบจำลองใดเหมาะสมกับการใช้วิเคราะห์กระแสจราจรของถนนลักษณะใด

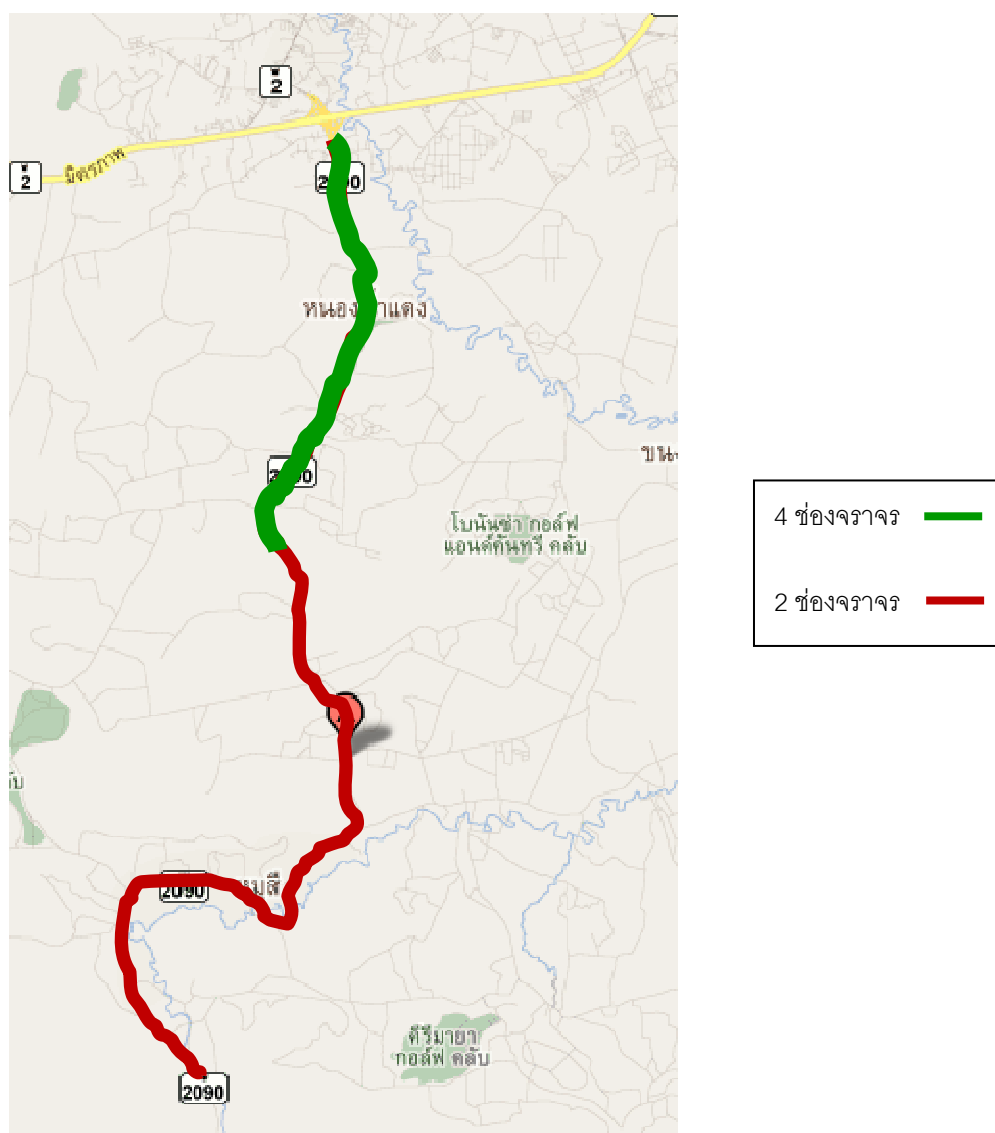
1.4 สมมติฐานของการวิจัย

แบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์น่าจะมีประสิทธิภาพในการทำนายสภาพการจราจรของถนนที่มีลักษณะต่างกันได้แตกต่างกัน และแบบจำลองแบบต่าง ๆ น่าจะมีความเหมาะสมในการใช้วิเคราะห์กระแสจราจรของถนนในแต่ละลักษณะในสภาพการจราจรที่ไม่ติดขัด

1.5 ขอบเขตการวิจัย

การคำนวณการรองรับความจุ (Capacity) ของถนนสายท่องเที่ยว จังหวัดนครราชสีมา กรณีศึกษาถนนธนรัชต์ ตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง มีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1.5.1 ขอบเขตด้านพื้นที่ ขอบเขตพื้นที่ทำการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ ทางหลวงหมายเลข 2090 หรือถนนธนรัชต์ ตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยแยกจากถนนมิตรภาพสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่เป็นระยะทาง 21 กิโลเมตร อยู่ในเขตการปกครองของตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงระยะทาง 8 กิโลเมตรแรกของถนนสายธนรัชต์จะเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร ส่วนถนนช่วงถัดไประยะทางอีก 13 กิโลเมตรจนถึงทางเข้าอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่จะเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร ดังแสดงในรูปที่ 1.1



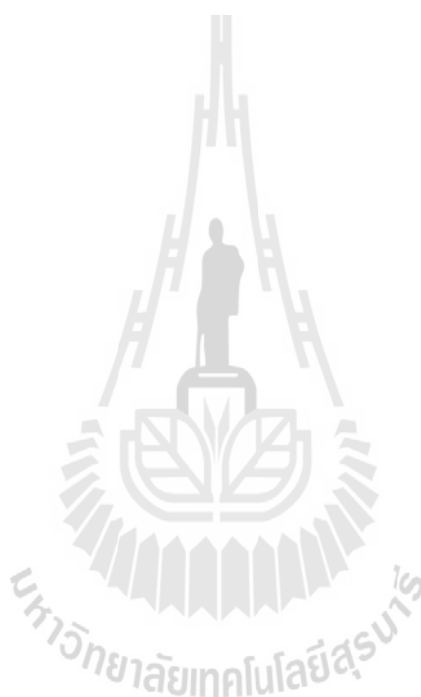
รูปที่ 1.1 พื้นที่ศึกษาทางหลวงหมายเลข 2090 ถนนระยะรัศมีแทนด้วยเส้นสีเขียวและสีแดง

1.5.2 ประเภทของยานพาหนะที่ศึกษา เนื่องจากในพื้นที่ศึกษามีลักษณะการใช้ประโยชน์ของพื้นที่อย่างหลากหลาย ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้จึงพิจารณายานพาหนะทุกประเภท ได้แก่ รถเก๋ง รถปิคอัพ รถตู้/เอนกประสงค์ รถบรรทุก รถนำเที่ยวขนาดใหญ่ รถจักรยานยนต์และรถที่ใช้ในการเกษตรกรรม

1.5.3 การศึกษาครั้งนี้เป็นการสร้างแบบจำลองและพยากรณ์ปริมาณต่าง ๆ ทางด้านวิศวกรรมจราจร โดยอาศัยข้อมูลจากกระแสจราจรในช่วงการไหลอิสระ (Uncongested Flow)

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

น่าจะสามารถคาดการณ์สภาพการจราจรล่วงหน้าได้ เพื่อเสนอแนวทางการกำหนดมาตรการในการบริหารจัดการทางหลวงหมายเลข 2090 หรือถนนธนบุรีราชวงศ์ซึ่งเป็นถนนสายท่องเที่ยว ให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ณ ปัจจุบัน



บทที่ 2

ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการศึกษาในส่วนนี้ จะเป็นการทบทวนพื้นฐานทฤษฎีที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะประกอบไปด้วย ทฤษฎีแบบจำลองการไหลจราจร การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลองการไหลจราจรแบบต่าง ๆ การสำรวจและวิธีการสำรวจปริมาณจราจร

2.1 แบบจำลองการไหลจราจร

ตัวแปรจราจรพื้นฐานแบบมหภาคมี 3 ตัว ได้แก่ อัตราการไหล ความเร็ว และความหนาแน่นจราจร มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ความสัมพันธ์นี้สามารถอธิบายได้โดยใช้กราฟ และสมการทางคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผน ออกแบบ และการควบคุมการจัดการกระแสน้ำจราจรได้อย่างเหมาะสม

2.1.1 การไหลของกระแสน้ำจราจรเบื้องต้น

บนท้องถนนทั่วไปจะมีสภาพการจราจรแตกต่างกันไปในแต่ละชั่วโมง โดยทั่วไปจะมีความต้องการเดินทางปริมาณสูงในช่วงเช้าจนถึงหัวค่ำ ในขณะที่ความต้องการการเดินทางลดลงในช่วงกลางคืนจนถึงเช้ามืด ดังนั้นในแต่ละวันบนถนนแต่ละเส้นจะมีสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน สำหรับสภาพการจราจรหนึ่ง ๆ นั้นสามารถอธิบายได้ด้วยตัวแปรทางด้านจราจรแบบมหภาค 3 ตัวคือ อัตราการไหล ความเร็วจราจร และความหนาแน่นจราจร ซึ่งทั้งสามตัวแปรมีความเกี่ยวเนื่องซึ่งกันและกัน

แบบจำลองกระแสน้ำจราจรของ Greenshields

สภาพการไหลของกระแสน้ำจราจรบนถนนสายใดสายหนึ่ง ตั้งแต่สภาพการจราจรเบาบางจนถึงสภาพการจราจรติดขัด หยุดหนึ่ง สามารถแสดงได้โดยใช้กราฟ 3 ตัว ดังรูปที่ 2.2 ประกอบด้วย

- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่น
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและอัตราการไหล
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลและความหนาแน่น

รูปที่ 2.1 แสดงสภาพการจราจรระดับต่าง ๆ กัน โดยเริ่มตั้งแต่ รูปที่ 2.1 ก แสดงสภาพการจราจรที่ปริมาณรถยนต์สัญจรไปมาน้อยมาก และปริมาณการจราจรค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในรูป 2.1 ข) ค) และ ง) ตามลำดับจนกระทั่งมีสภาพการจราจรติดขัดหยุดนิ่งดังแสดงในรูป จ)



ก) สภาพการจราจรเบาบางมาก
(จุด A ในรูปที่ 2.2)



ข) สภาพการจราจรเริ่มหนาแน่นแต่ยังคงคล่องตัว
(ระหว่างจุด A และจุด B ในรูปที่ 2.2)



ค) สภาพการจราจรที่ระดับความจุ
(ระหว่างจุด B ในรูปที่ 2.2)

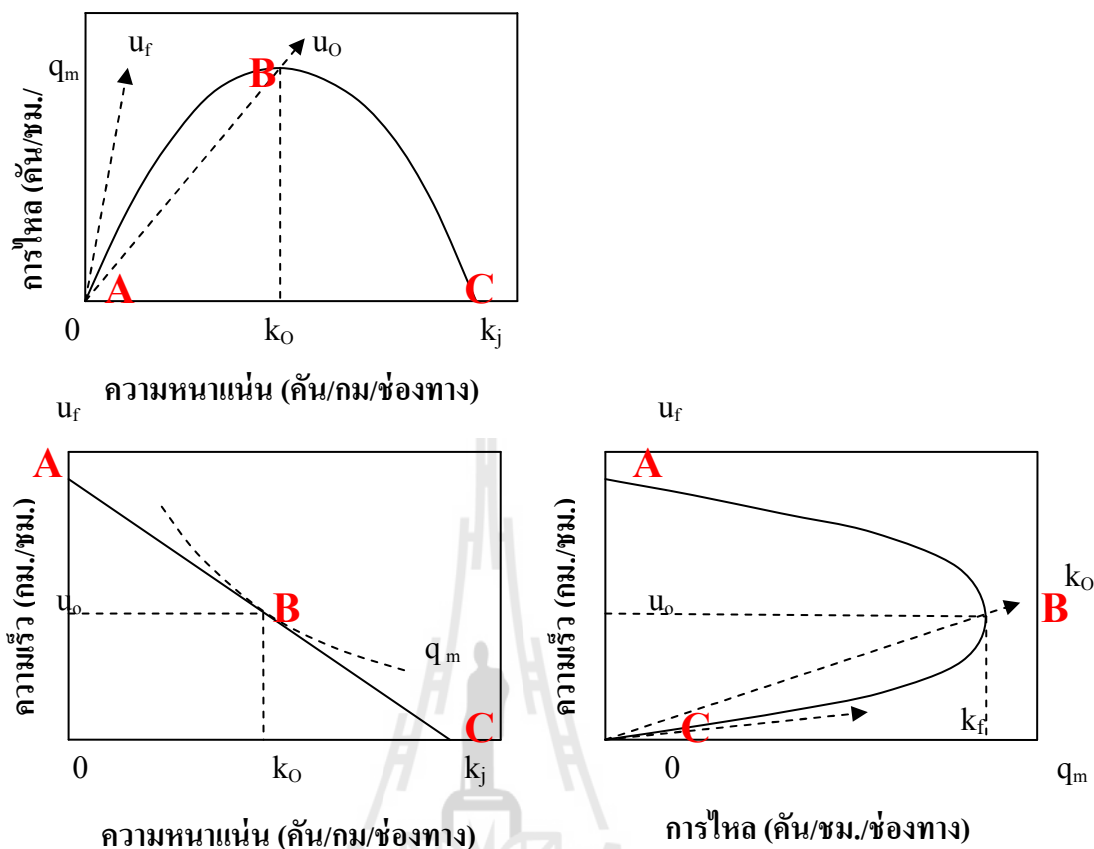


ง) สภาพการจราจรติดขัดหนาแน่นเริ่มชะลอ
(ระหว่างจุด B และ C ในรูปที่ 2.2)



จ) สภาพการจราจรติดขัดหยุดนิ่ง
(จุด C ในรูปที่ 2.2)

รูปที่ 2.1 สภาพการจราจรระดับต่าง ๆ



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงการไหลกระแสนจราจร (ระดับพื้นฐาน)

รูปที่ 2.2 แสดงรูปแบบความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างตัวแปรทั้งสาม สำหรับโครงสร้างประเภทที่มีการไหลจราจรแบบต่อเนื่อง (Uninterrupted-flow facilities) กราฟดังกล่าวแสดงสภาพการจราจรที่ระดับต่าง ๆ กันตั้งแต่สภาพการจราจรเบาบางไปจนกระทั่งมีสภาพจราจรติดขัดหยุดนิ่ง ถ้าทำการวิเคราะห์คุณลักษณะของกระแสนจราจรบนเส้นทางต่าง ๆ จะพบว่าความสัมพันธ์จะมีรูปร่างลักษณะคล้ายกับที่แสดงในรูปที่ 2.2 นี้ จะมีความแตกต่างกันบ้างก็เฉพาะรายละเอียดปลีกย่อยเท่านั้น

อันดับแรก พิจารณาถึงสภาพการจราจรที่ไม่มีการไหลหรือการไหลเท่ากับ 0 คัน/ชม ซึ่งเกิดขึ้นได้ในสองกรณี กรณีแรกคือในสภาพการจราจรเบาบางมาก มีขบวนยานสัญจรไปมาน้อยมากในช่วงเวลานั้น (รูปที่ 2.1 ก) พบเห็นได้ในช่วงเวลาหลังเที่ยงคืนจนถึงก่อนรุ่งสางตามท้องถนนในจังหวัดต่าง ๆ สภาพการจราจรดังกล่าวความหนาแน่นจราจรจะเท่ากับศูนย์เนื่องจากไม่มีขบวนยานผ่านไปมาบนช่วงถนน ในทางทฤษฎีความเร็วจราจรในสภาพการณ์เช่นนี้ จะเรียกว่าความเร็วการไหลอิสระ (Free Flow Speed, u_f) นั่นคือ ถ้ามีขบวนคันหนึ่งบังเอิญผ่านมาในช่วงเวลา

ดังกล่าว ก็จะสามารถใช้ความเร็วได้อย่างเต็มที่ตามที่ผู้ขับขี่ต้องการ เพราะไม่มีขบวนคันอื่นบนถนนมารบกวน สภาพการณ์ดังกล่าวนี้จะแสดงโดยจุด A บนกราฟทั้งสาม นั่นคือการไหลและความหนาแน่นมีค่าเท่ากับศูนย์ ส่วนความเร็วจราจรมีค่าเท่ากับความเร็วการไหลอิสระ

สภาพที่ไม่มีรถไหล (หรือการไหลเท่ากับศูนย์) อีกกรณีหนึ่ง จะเกิดขึ้นในสภาพการจราจรหนาแน่นมากที่สุด จนมีสภาพติดขัดหยุดนิ่ง ขบวนคันไม่สามารถเคลื่อนที่ไปได้ (รูปที่ 2.1 จ) พบเห็นได้บ่อยครั้งบนท้องถนนในกรุงเทพฯ ในช่วงเวลาเร่งด่วน หรือในช่วงที่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้น กีดขวางการจราจรบริเวณปลายน้ำ ดังนั้นการไหลในสภาพดังกล่าวจึงเท่ากับศูนย์ ในสภาพการณ์เช่นนี้จะพบว่าความหนาแน่นจราจรจะมีค่ามากเนื่องจากขบวนคันแต่ละคันจอดหยุดนิ่ง โดยเว้นระยะห่างระหว่างคันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในทางทฤษฎีความหนาแน่นในสภาพการณ์เช่นนี้ เรียกว่าความหนาแน่นในสภาพติดขัด (Jam Density- k_j) ซึ่งจะเป็นความหนาแน่นสูงสุดเท่าที่เป็นไปได้สำหรับถนนนั้น และมีความสูงกว่าความหนาแน่นในสภาพการจราจรอื่น ๆ ส่วนความเร็วจราจรในสภาพดังกล่าวจะเท่ากับศูนย์ เนื่องจากขบวนคันทุกคันหยุดนิ่ง สภาพการณ์นี้แสดงโดยจุด C บนกราฟทั้งสามของรูปที่ 2.2

สภาพการจราจรอื่น ๆ จะแปรผันอยู่ในช่วงระหว่างสภาพการจราจรเบาบางมาก (จุด A) กับสภาพการจราจรติดขัดหยุดนิ่ง (จุด C) จากสภาพการจราจรเบาบาง (จุด A) เมื่อเริ่มมีขบวนคันสัญจรผ่านไปมา ก็จะพบว่าอัตราการไหลจราจรจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น ความหนาแน่นก็จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นด้วย ในขณะที่ความเร็วจราจรค่อย ๆ ลดต่ำลง ทั้งนี้เพราะจำนวนขบวนคันเพิ่มขึ้นทำให้เกิดการปฏิสัมพันธ์ระหว่างขบวนคันในสภาพการจราจร ทำให้ยานพาหนะแต่ละคันไม่สามารถใช้ความเร็วได้เต็มที่ (รูปที่ 2.1 ข) ต้องคอยชะลอขบวนคันที่อยู่ด้านหน้าและด้านหลัง ยังมีปริมาณขบวนคันเพิ่มมากขึ้นจะพบว่าความเร็วจราจรจะค่อย ๆ ลดลง

สภาพการจราจรที่มีปริมาณจราจรเพิ่มมากขึ้นนั้น จะส่งผลให้อัตราการไหลเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงจุดจุดหนึ่งที่เรียกว่าจุดอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow, q_m) เป็นจุดที่ถนนถึงสภาพเต็มความจุ (Capacity) นั่นคือ สภาพการณ์ที่ถนนจะสามารถรองรับปริมาณจราจรได้มากที่สุดนั่นเอง ความเร็วในสภาพการณ์เช่นนี้จะเป็นความเร็วที่รถยนต์ทุกคันสามารถขับเคลื่อนต่อเนื่องตามกันไปโดยไม่ต้องชะลอความเร็วมากนัก (รูปที่ 2.1 ค) ความเร็วดังกล่าวเรียกว่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Speed, u_o) ส่วนความหนาแน่นในสภาพการณ์เช่นนี้เรียกว่าความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุด (Optimum Density, k_o) สภาพการณ์นี้แสดงโดยจุด B บนกราฟทั้งสามของรูปที่ 2.2

เมื่อความต้องการเดินทางเพิ่มสูงมากขึ้นเกินกว่าความจุของท้องถนน จะพบว่ากระแสจราจรเริ่มมีสภาพติดขัด ถ้าทำการตรวจนับจำนวนขบวนคันที่ผ่านถนน (อัตราการไหล) ในสภาพการณ์

ดังกล่าว จะพบว่าอัตราการไหลจะค่อย ๆ ลดต่ำลง (ถึงแม้ว่าความต้องการการเดินทางมาก แต่ขบวนบางคันยังติดค้างสะสมอยู่ในระบบ ไม่สามารถเคลื่อนผ่านไปได้) การจราจรสามารถเคลื่อนตัวได้แต่สลับกับหยุดนิ่งเป็นระยะ ๆ ดังนั้นความเร็วจราจรในสภาพการณ์ดังกล่าวจึงยังคงค่อย ๆ ลดต่ำลง สำหรับความหนาแน่นจราจรนั้นกลับพบว่ามีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เพราะขบวนแต่ละคันใช้ความเร็วต่ำ จึงไม่ต้องเว้นระยะห่างระหว่างขบวนมากนัก ดังนั้นความหนาแน่นจราจร จะค่อย ๆ สูงขึ้นจนกระทั่งไปถึงจุดความหนาแน่นสูงสุดที่ C ซึ่งเป็นจุดที่มีสภาพการจราจรติดขัดหยุดนิ่ง

จากกราฟทั้งสามสามารถแบ่งสภาพการจราจรทั้งหมดได้เป็น 2 ช่วงใหญ่ ๆ ช่วงแรกเริ่มตั้งแต่สภาพการจราจรเบาบางที่สุด ไปจนถึงสภาพการจราจรเต็มความจุ (จาก A ถึง B) จะเรียกสภาพการจราจรในช่วงนี้ว่า ช่วงที่การไหลมีความเสถียร (Stable Flow) หรือสภาพการจราจรคล่องตัว ไม่มีการติดขัดของกระแสจราจรขบวนทุกคันที่ผ่านเข้ามาในระบบสามารถเคลื่อนตัวผ่านไปได้อย่างไม่เสียเวลามากนัก ส่วนช่วงที่สองเริ่มตั้งแต่สภาพการจราจรเต็มความจุไปจนถึงสภาพการจราจรติดขัดหยุดนิ่ง (จาก B ถึง C) เรียกว่า ช่วงที่การไหลไม่เสถียร (Unstable Flow) หรือสภาพการจราจรติดขัด ขบวนที่ผ่านเข้ามาในระบบบางส่วนจะยังคงติดค้างอยู่ในระบบ สภาพการณ์เช่นนี้จะพบในกรณีที่ขบวนเคลื่อนตัวช้า ๆ จนไปถึงสภาพการจราจรติดขัดหยุดนิ่ง ในปัจจุบันการศึกษาต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์สภาพการจราจรในช่วงสภาพเสถียรได้ค่อนข้างถูกต้องและแม่นยำ อย่างไรก็ตามสภาพการจราจรในช่วงไม่เสถียรนั้นพบว่า มีความซับซ้อนและความไม่แน่นอนสูงมาก ปัจจุบันก็ยังคงมีการศึกษาวิจัยสภาพการจราจรในช่วงไม่เสถียรอย่างกว้างขวาง โดยใช้การปรับปรุงแบบจำลองเดิมหรือใช้แบบจำลองใหม่ ๆ

สภาพการณ์ที่มีการไหลเต็มความจุ (จุด B) บนกราฟทั้งสามของรูปที่ 2.2 เป็นจุดสูงสุดของกราฟแสดงความสัมพันธ์ของความเร็ว-การไหล และของกราฟแสดงความสัมพันธ์ของการไหล-ความหนาแน่น สภาพการณ์นี้จะไม่มีความเสถียร นั่นคือถ้ามีสิ่งใดมารบกวนกระแสจราจรเพียงเล็กน้อยไม่ว่าจะเป็นการที่มีขบวนอีกคันเข้ามาในระบบ หรือการเหยียบเบรกของรถคันหนึ่งในกระแสจราจร ก็จะส่งผลกระทบกระแสจราจร กลายเป็นสภาพการจราจรติดขัดได้ทันทีในช่วงเวลาอันสั้น ดังนั้นโดยทั่วไป วิศวกรจราจรจะพยายามออกแบบระบบการขนส่งต่าง ๆ ให้สามารถรองรับความต้องการการเดินทางให้อยู่ในช่วงเสถียร ก่อนที่จะถึงสภาพเต็มความจุ มิฉะนั้นถนนเส้นนั้นก็จะเกิดสภาพการจราจรติดขัดได้ง่าย

จากความสัมพันธ์ของตัวแปรทั้งสามข้างต้น จะเห็นว่าสาเหตุที่วิศวกรจราจรจึงไม่นิยมนำอัตราการไหลจราจรมาเป็นตัวชี้วัดสภาพการจราจรบนท้องถนน เนื่องจาก ณ อัตราการไหลระดับหนึ่งจะแสดงถึงสภาพการจราจรได้สองแบบ (นั่นคือถ้าลองลากเส้นตรงตั้งฉากจากแกนแสดงการไหลจราจร ขึ้นไปจะตัดเส้นกราฟกระแสจราจรสองจุด) จุดหนึ่งจะอยู่ในช่วงสภาพ

การจราจรเสถียร (สภาพการจราจรเคลื่อนตัวได้ดี) และจุดที่สองจะอยู่ในช่วงสภาพการจราจรไม่เสถียร (สภาพการจราจรติดขัด) ซึ่งถ้านำค่าอัตราการไหลจราจรที่ตรวจวัดได้มาพิจารณาเพียงตัวเดียว ก็จะไม่สามารถบอกได้ชัดเจนว่าสภาพการจราจรจะอยู่ในช่วงเสถียรหรือช่วงไม่เสถียร ดังนั้นโดยส่วนใหญ่วิศวกรจราจรจะนิยมใช้ค่าตัวแปรความเร็วหรือความหนาแน่นเป็นตัวบ่งบอกสภาพการจราจรแทน เพราะตัวแปรเหล่านี้จะสามารถบ่งบอกได้อย่างชัดเจนว่าถนนมีสภาพการจราจรเช่นใด (นั่นคือถ้าลองลากเส้นตรงตั้งฉากจากแกนแสดงความเร็วหรือความหนาแน่นบนจราจรขึ้นไปจะตัดเส้นกราฟกระแสจราจรเพียงจุดเดียว) สามารถทราบได้แน่ชัดว่าสภาพการจราจรนั้นอยู่ในช่วงคล่องตัวหรือช่วงติดขัด

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรทั้งสามอย่างง่าย คือ

$$u = \frac{q}{k} \quad (2-1)$$

โดยที่ u – ความเร็วจราจร (กม./ชม.)

q – อัตราการไหล (คัน/ชม./ช่องทาง)

k – ความหนาแน่น (คัน/กม./ช่องทาง)

นั่นคือความเร็วจราจรเท่ากับการไหลหารด้วยความหนาแน่น ดังนั้นจากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการไหล-ความหนาแน่น (กราฟรูปที่ 2.2 บนซ้าย) จะสามารถหาค่าความเร็วจราจรได้ในสภาพการณ์ต่าง ๆ ได้ โดยการหาความชันของเส้นตรงที่ลากจากจุด (origin) ไปยังสภาพการจราจรนั้น ๆ ตัวอย่างเช่น ความชันของเส้นตรงที่ลากจากจุดเริ่มต้น จุด O ไปยังจุด B (หรือ q_m หารด้วย k_o) ก็คือความเร็วจราจรในสภาพการจราจรที่อัตราการไหลสูงสุด ความชันของเส้นตรงที่ลากเชื่อมระหว่างจุด O ไปยังจุด C (หรือ ศูนย์หารด้วย k_j) ก็จะเท่ากับความเร็วในสภาพการจราจรติดขัด ซึ่งมีค่าเท่ากับศูนย์ สำหรับความเร็วของสภาพการจราจรต่าง ๆ นั้นก็สามารถหาได้โดยวิธีเดียวกัน นั่นคือการหาความชันของเส้นตรงที่ลากเชื่อมระหว่างจุด O ไปยังสภาพการจราจรนั้น ๆ ในการหาความเร็วการไหลอิสระ (u_f) ที่เกิดขึ้นในขณะที่สภาพการจราจรเบาบางมาก ๆ นั้นก็สามารถวิเคราะห์ได้จากความชันของเส้นสัมผัส ณ ตำแหน่ง O (เส้น OA) นั่นเอง

สำหรับความชันบนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว-การไหล (กราฟรูปที่ 2.2 ล่างขวา) ก็จะแสดงถึงความหนาแน่นของสภาพการจราจรต่าง ๆ เช่นความชันของเส้นตรงที่ลากจากจุดเริ่มต้นจุด O ไปยังจุด B ก็คือความหนาแน่นในสภาพการจราจรที่อัตราการไหลสูงสุด หรือที่เรียกว่าความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุดเป็นต้น

2.1.2 แบบจำลองกระแสจราจรเบื้องต้น

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์เบื้องต้น จะสามารถเขียนสมการอย่างง่ายเพื่อแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรแต่ละคู่ได้ดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว-ความหนาแน่น (Speed and Density)

จากกราฟรูปที่ 2.2 ล่างซ้าย จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นจราจรสามารถแสดงอย่างง่ายเป็นแบบเส้นตรง (ซึ่งในความเป็นจริงอาจจะไม่ใช่เส้นตรงอย่างสมบูรณ์) ความสัมพันธ์สามารถแสดงได้โดยใช้สมการเส้นตรง

$$u = u_f - \left(\frac{u_f}{k_j} \right) k \quad (2-2)$$

จากสมการดังกล่าวแสดงว่าความเร็วสภาพการจราจรจะมีค่าเข้าใกล้ความเร็วการไหลอิสระ (Free Flow Speed, u_f) เมื่อความหนาแน่นจราจรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ในขณะที่ความหนาแน่นจราจรเพิ่มสูงขึ้นความเร็วจราจรจะค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งถึงจุดอัตราการไหลสูงสุด (q_m) เมื่อความหนาแน่นมีค่าเท่ากับความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุด (k_j) และความเร็วมีค่าเท่ากับความเร็วที่เหมาะสมที่สุด (u_j) เมื่อความหนาแน่นจราจรยังคงสูงขึ้นต่อไปอีก ความเร็วจราจรก็จะลดลงต่อไปจนกระทั่งความหนาแน่นมีค่าเข้าใกล้ความหนาแน่นในสภาพติดขัด (k_j) ความเร็วก็จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

ความสัมพันธ์ระหว่างการไหล-ความหนาแน่น (Flow and Density)

จากกราฟรูปที่ 2.2 บนซ้าย จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างการไหลและความหนาแน่นจะมีรูปแบบเป็นโค้งคว่ำ ในการหาสมการแสดงความสัมพันธ์นั้น จะเริ่มจากสมการ 2-1 ซึ่งนำมาเขียนใหม่ได้ดังนี้

$$q = uk \quad (2-3)$$

ความสัมพันธ์ดังกล่าวพบว่า อัตราการไหลจะเท่ากับผลคูณระหว่างความเร็วของสภาพการจราจรกับความหนาแน่นจราจรในขณะนั้น ตัวอย่างเช่น การสำรวจทางหลวงแห่งหนึ่งบนช่วงถนนระยะทาง 1 กิโลเมตร พบว่ามีความหนาแน่นจราจรเท่ากับ 3 คันต่อกิโลเมตร และความเร็วจราจรเท่ากับ 80 กม./ชม. ดังนั้นจะมีอัตราการไหลเท่ากับ $3 \times 80 = 240$ คัน/กม.

เมื่อแทนค่าความเร็ว (u) ในสมการ 2-3 ด้วยสมการ 2-2 จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการไหลกับความหนาแน่นในรูปพาราโบลา

$$q = u_f k - \left(\frac{u_f}{k_j} \right) k^2 \quad (2-4)$$

จากสมการดังกล่าว แสดงว่าเมื่อความหนาแน่นจราจรมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ การไหลจราจรจะมีค่าน้อยมากจนเข้าใกล้ศูนย์ด้วย ในขณะที่ความหนาแน่นจราจรเพิ่มสูงขึ้น การไหลจราจรจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดอัตราการไหลสูงสุด (q_m) ความหนาแน่นจะมีค่าเหมาะสมที่สุด (k_0) เมื่อความหนาแน่นจราจรยังคงสูงขึ้นต่อไปหลังจากผ่านจุดเหมาะสมที่สุดไปแล้ว พบว่าอัตราการไหลกลับค่อย ๆ ลดต่ำลง จนกระทั่งความหนาแน่นมีค่าเข้าใกล้ความหนาแน่นในสภาพติดขัด (k_j) อัตราการไหลก็จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

ณ สภาพการจราจรที่มีความหนาแน่นจราจรเหมาะสมที่สุด ($k = k_0$) นั้นเป็นจุดสูงสุดของกราฟก่อนที่จะโค้งลง ความชันของกราฟกระแสจราจร ณ จุดดังกล่าวจะมีค่าเท่ากับศูนย์หรือ $dq/dk = 0$ นั่นเอง ดังนั้นเมื่อหาอนุพันธ์ลำดับที่หนึ่งของสมการที่ 2-4 และแทนค่า ($k = k_0$) จะได้

$$0 = u_f - \left(\frac{u_f}{k_j} \right) 2k_0$$

$$k_0 = \frac{k_j}{2} \quad (2-5)$$

ซึ่งก็หมายความว่าความหนาแน่นจราจร ณ สภาพเหมาะสมที่สุด (k_0) มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของความหนาแน่นในสภาพติดขัด (k_j) อย่างไรก็ตามโปรดจงสังเกตว่าคุณลักษณะนี้จะเป็นจริงต่อเมื่อความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นเป็นแบบเส้นตรงเท่านั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว-การไหลจราจร (Speed and Flow)

จากกราฟรูปที่ 2.2 ขวบน จะเห็นได้ว่าความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างความเร็วและการไหลจราจรจะมีลักษณะเป็นโค้งพาราโบลา ในการหาสมการแสดงความสัมพันธ์นั้น ทำได้โดยแทนค่าความหนาแน่น (k) ในสมการ 2-2 ด้วยสมการ 2-3 ($k = q/u$) จะได้สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการไหลจราจรดังนี้

$$u = u_f - \left(\frac{u_f}{k_j} \right) \frac{q}{u} \quad (2-6)$$

แก้สมการหาค่า q ที่เป็นฟังก์ชันของ u ได้เท่ากับ

$$q = \frac{k_j}{u_f} (u_f u - u^2) \quad (2-7)$$

ส่วนโค้งด้านบนของกราฟจะแสดงสภาพการจราจรในสภาพจราจรคล่องตัว ส่วนโค้งด้านล่างของกราฟจะแสดงสภาพการจราจรในสภาพจราจรติดขัด สำหรับภายใต้สภาพจราจรคล่องตัวนั้น ความเร็วจราจรจะค่อย ๆ ลดต่ำลงเมื่ออัตราการไหลเพิ่มสูงขึ้น จนกระทั่งมาถึงจุดอัตราการไหลสูงสุด (q_m) เมื่อผ่านจุดนี้ไปแล้ว จะพบว่าความเร็วจะยังคงลดลงเรื่อย ๆ และอัตราการไหลก็ค่อย ๆ ลดลงด้วย จนกระทั่งมาถึงสภาพการจราจรติดขัดหยุดนิ่ง

ณ สภาพการจราจรที่มีอัตราการไหลสูงสุด ($q = q_m$) นั้น ความเร็วจราจรจะมีค่าเท่ากับความเร็วที่เหมาะสมที่สุด ($u = u_0$) เมื่อแทนค่าทั้งสองลงในสมการ 2-7 จะได้

$$q_m = \frac{k_j}{u_f} (u_f u_0 - u_0^2)$$

เมื่อแทนค่า $q_m = u_0 k_0$ และค่า $k_j = 2 k_0$ ลงในสมการข้างบน ก็จะได้

$$u_0 k_0 = \frac{2k_0}{u_f} (u_f u_0 - u_0^2)$$

แก้สมการหาค่า u_0 จะได้

$$u_0 = \frac{u_f}{2} \quad (2-8)$$

นั่นคือ ความเร็วที่เหมาะสมที่สุด (u_0) จะมีค่าเท่ากับครึ่งหนึ่งของความเร็วการไหลอิสระ (u_f) จากสมการ 2-5 และ 2-8 สามารถคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด (q_m) ได้ดังนี้

$$q_m = u_0 k_0$$

$$q_m = \left(\frac{u_f}{2} \right) \left(\frac{k_j}{2} \right)$$

$$q_m = \frac{u_f k_j}{4} \quad (2-9)$$

ทั้งนี้จะต้องคำนึงเสมอว่า สมการ 2-5, 2-8 และ 2-9 นั้น พัฒนาจากสมมติฐานที่ว่า ความเร็วจราจรกับความหนาแน่นจราจรมีความสัมพันธ์กันแบบเส้นตรง เป็นแบบจำลองอย่างง่ายที่ได้พัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1934 ต่อมาได้มีการศึกษาค้นคว้าวิจัยคุณลักษณะกระแสจราจรอย่างกว้างขวาง และมีการนำเสนอแบบจำลองรูปแบบต่าง ๆ ที่สามารถอธิบายคุณลักษณะกระแสจราจรได้ดียิ่งขึ้น

2.1.3 แบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ

ในช่วงหลายสิบปีที่ผ่านมา ได้มีผู้นำเสนอแบบจำลองอธิบายคุณลักษณะสภาพการไหลจราจรอยู่เป็นจำนวนมาก ในสมัยแรกแบบจำลองส่วนใหญ่จะเป็นแบบจำลองเดี่ยวที่สามารถอธิบายสภาพการจราจรตั้งแต่สภาพเบาบางไปจนถึงสภาพติดขัดหนาแน่น หรือที่เรียกว่า Single-regime model ในสมัยต่อมาได้เริ่มมีการคิดค้นพัฒนาแบบจำลองประเภท multiregime ขึ้นมา นั่นคือเป็นชุดแบบจำลองที่ประกอบด้วยแบบจำลองมากกว่าหนึ่งสมการ ส่วนใหญ่นิยมประเภทที่มีแบบจำลองจำนวน 2 สมการ ๆ หนึ่งใช้สำหรับอธิบายสภาพการจราจรในช่วงสภาพการจราจรเบาบาง และอีกสมการหนึ่งใช้สำหรับอธิบายสภาพการจราจรติดขัด

แบบจำลอง Single-regime

แบบจำลองประเภท single-regime แบบแรก คิดค้นโดย Greenshields ในปี ค.ศ. 1934 จากการวิเคราะห์สภาพการจราจรจากภาพถ่ายทางอากาศ Greenshields ได้สรุปว่าความเร็วและความหนาแน่นจราจรมีความสัมพันธ์แบบเส้นตรง ซึ่งสมการต่าง ๆ ได้นำเสนอไว้ในรูปที่ 2.2 ในการประยุกต์ใช้แบบจำลองดังกล่าว จำเป็นจะต้องทราบค่าพารามิเตอร์สองตัว นั่นคือความเร็วการไหลอิสระ และความหนาแน่นในสภาพการจราจรติดขัด เพื่อนำไปแทนค่าในสมการ ค่าความเร็วการไหลอิสระนี้สามารถตรวจวัดได้ค่อนข้างง่ายจากสถานการณ์จริง ซึ่งโดยปกติแล้วจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่างความเร็วจำกัด (speed limit) กับความเร็วที่ใช้ในการออกแบบถนน

(design speed) แต่การตรวจวัดความหนาแน่นในสภาพติดขัด พบว่าค่อนข้างลำบาก ถนนและทางหลวง บางเส้นทางจะไม่พบว่ามีสภาพการจราจรติดขัดหยุดนิ่งเลย หรือเกิดขึ้นน้อยมาก เพราะปริมาณการจราจรไม่สูงเพียงพอ อย่างไรก็ตามค่าความหนาแน่นนี้น่าจะอยู่ในช่วงระหว่าง 115 ถึง 155 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องทาง นอกจากนี้แบบจำลองนี้ยังมีปัญหาที่ความหนาแน่นเหมาะสมที่สุด (optimum density) ที่วิเคราะห์แล้วว่ามีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของความหนาแน่นในสภาพการจราจรติดขัด แต่ที่วัดได้บนท้องถนนโดยส่วนใหญ่จะมีค่าระหว่าง 25 ถึง 45 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องทาง ซึ่งมีค่าต่ำกว่าที่คำนวณโดยสมการค่อนข้างมาก

แบบจำลองกระแสจราจรของ Greenberg

Greenberg ได้นำเสนอแบบจำลองประเภท single-regime ขึ้นมา จากการสำรวจสภาพการจราจรในอุโมงค์รถยนต์แห่งหนึ่ง ได้ข้อสรุปว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นไม่น่าจะเป็นแบบเส้นตรง Greenberg จึงได้ลองเสนอแบบจำลองที่ประยุกต์หลักการ Hydrodynamic ขึ้นมา ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$u = u_o \ln \left(\frac{k_j}{k} \right) \quad (2-10)$$

การประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Greenberg จำเป็นจะต้องทราบค่าพารามิเตอร์ 2 ตัว นั่นคือความเร็วที่เหมาะสม (u_o) และความหนาแน่นในสภาพติดขัด (k_j) ดังที่กล่าวมาแล้วการตรวจวัดความหนาแน่นในสภาพติดขัดในภาคสนามค่อนข้างมีปัญหา เพราะถนนบางเส้นไม่เคยเกิดสภาพการจราจรติดขัดเลย หรือเกิดขึ้นน้อยมาก นอกจากนี้ค่าความเร็วที่เหมาะสมจะตรวจวัดได้ยากกว่าการตรวจสอบความเร็วการไหลอิสระ (บางครั้งนิยมการประมาณการอย่างง่าย โดยกำหนดให้ความเร็วที่เหมาะสม มีค่าประมาณครึ่งหนึ่งของความเร็วที่ใช้ในการออกแบบถนน) นอกจากนี้แบบจำลองของ Greenberg ยังมีปัญหาที่จะคำนวณหาความเร็วการไหลอิสระได้เป็นอินฟินิตี้ซึ่งไม่ถูกต้อง

แบบจำลองกระแสจราจรของ Underwood

จากการศึกษาในรัฐคอนเนคติกัต ประเทศสหรัฐอเมริกา Underwood ได้สนใจวิเคราะห์สภาพการจราจรเบาบางและค้นพบว่าแบบจำลองของ Greenberg มีปัญหาในการคำนวณหา

ความเร็วการไหลอิสระได้เป็นอินฟินิตี้ซึ่งไม่ถูกต้อง จึงได้เสนอความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นจราจรดังนี้

$$u = u_f e^{\left(-\frac{k}{k_0}\right)} \quad (2-11)$$

จะเห็นได้ว่า การประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Underwood จำเป็นจะต้องทราบค่าพารามิเตอร์ 2 ตัว คือ ความเร็วการไหลอิสระ (u_f) และความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุด (k_0) ซึ่งดำเนินการตรวจวัดได้ค่อนข้างยาก ส่วนค่าความเร็วการไหลอิสระนั้นสามารถตรวจวัดได้ค่อนข้างง่าย ปัญหาของแบบจำลอง Underwood นี้คือเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้ว ค่าความเร็วจราจรจะไม่มีโอกาสที่จะเป็นศูนย์ ยกเว้นเมื่อความหนาแน่นในสภาพติดขัดจะมีค่าเป็นอินฟินิตี้

Edie ได้เห็นข้อจำกัดของแบบจำลอง Underwood นี้จึงได้นำไปพัฒนาร่วมกับแบบจำลองของ Greenberg จึงกลายเป็นแบบจำลองประเภท multiregime โดยใช้แบบจำลองของ Greenberg อธิบายและใช้แบบจำลองของ Underwood ในการอธิบายคุณลักษณะกระแสจราจรในสภาพคล่องตัว

แบบจำลองกระแสจราจรของ Northwestern

แบบจำลองกระแสจราจรของ Northwestern ได้คิดค้นโดยกลุ่มนักวิจัยของมหาวิทยาลัย Northwestern ซึ่งลงความเห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วและความหนาแน่นน่าจะเป็นรูปโค้งตัว S (หรือ S-curve) และควรมีรูปแบบสมการดังนี้

$$u = u_f e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{k}{k_0}\right)^2} \quad (2-12)$$

การประยุกต์ใช้แบบจำลองของ Northwestern นี้ จำเป็นจะต้องทราบข้อมูลความเร็วการไหลอิสระและความหนาแน่นที่เหมาะสมที่สุดดังกล่าว การตรวจวัดความหนาแน่นที่เหมาะสม ดำเนินการสำรวจค่อนข้างยาก ส่วนค่าความเร็วการไหลอิสระสามารถตรวจวัดได้ค่อนข้างง่าย ข้อจำกัดของแบบจำลองนี้คือเมื่อนำมาวิเคราะห์แล้ว ค่าความเร็วจราจรจะไม่มีโอกาสที่จะเป็นศูนย์ ยกเว้นเมื่อความหนาแน่นในสภาพติดขัดจะมีค่าเป็นอินฟินิตี้

การพัฒนาแบบจำลอง Single-regime ในลำดับต่อมาส่วนใหญ่เป็นการใส่พารามิเตอร์เพิ่มเข้ามาในแบบจำลองที่เสนอมานี้แล้ว เพื่อให้แบบจำลองสามารถประยุกต์ใช้ได้กับหลายๆ กรณี ตัวอย่างเช่น Drew ได้พัฒนาปรับปรุงแบบจำลองของ Greenshields โดยใส่พารามิเตอร์ n ดังนี้

$$u = u_f \left[1 - \left(\frac{k}{k_j} \right)^{\frac{n+1}{2}} \right] \quad (2-13)$$

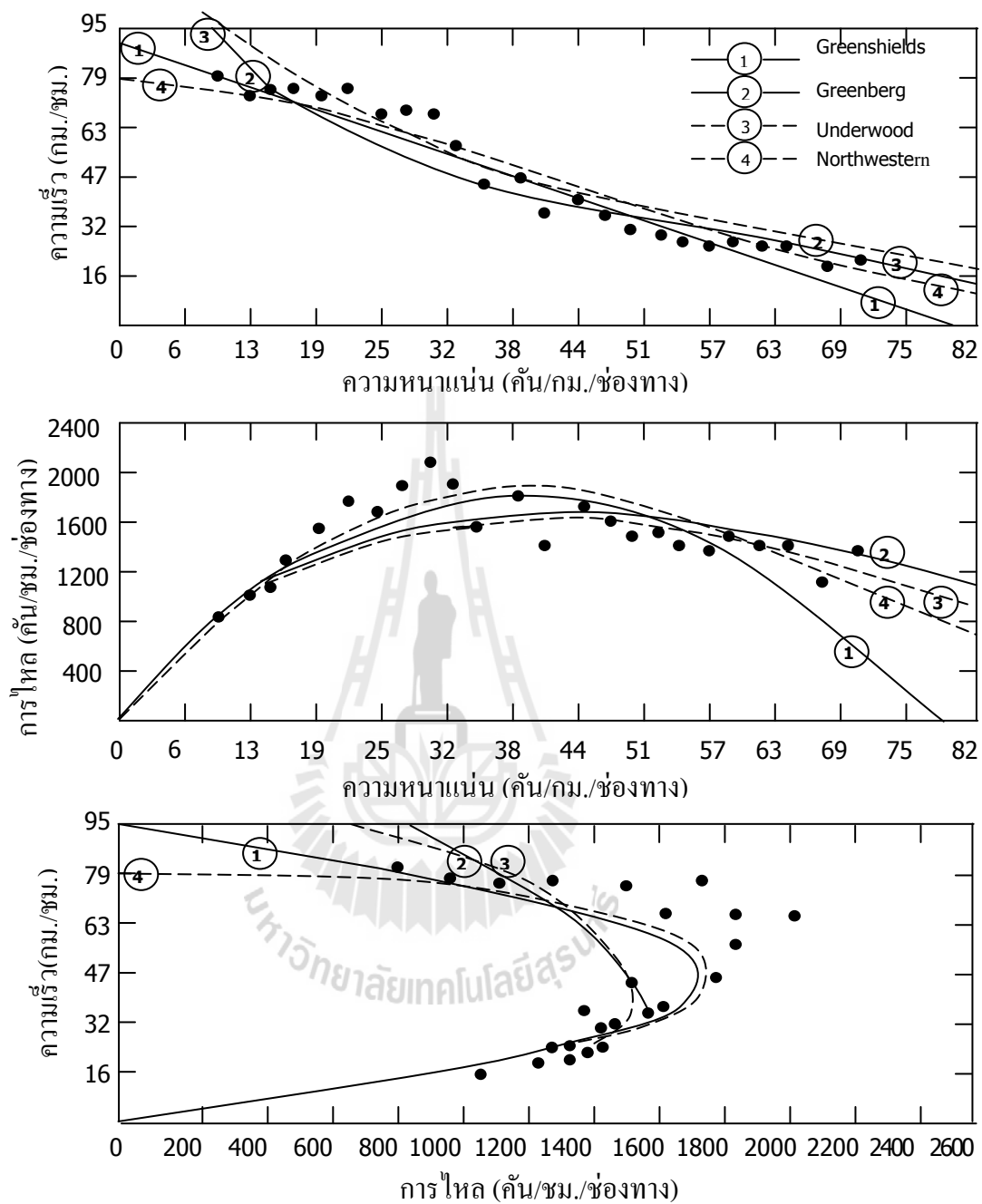
เมื่อกำหนดให้ n มีค่าเท่ากับ 1 ก็จะได้แบบจำลองของ Greenshields อย่างไรก็ตามเมื่อมีการลองเปลี่ยนค่า n เป็นค่าต่าง ๆ แล้วก็จะได้แบบจำลองรูปแบบแตกต่างกันไป Drew ได้แนะนำให้ใช้ค่า n ที่มีค่าระหว่าง -1 ถึง +1 โดยถ้า $n = +1$ จะเรียกว่าแบบจำลองเส้นตรงของ Greenshields ถ้า $n = 0$ จะเรียกว่าแบบจำลองพาราโบลา และถ้า $n = -1$ ก็จะเรียกว่าแบบจำลอง Exponential

Pipes and Munjal ได้ใช้วิธีคล้ายกับ Drew โดยเพิ่มพารามิเตอร์เข้าในแบบจำลองเพื่อให้ใช้ได้กับหลายสถานการณ์มากยิ่งขึ้นและรูปแบบเป็นดังนี้

$$u = u_f \left[1 - \left(\frac{k}{k_j} \right)^n \right] \quad (2-14)$$

ซึ่งถ้าแทนค่า $n = 1$ ลงในสมการ 2-14 ก็จะกลายเป็นแบบจำลองของ Greenshields

เมื่อนำแบบจำลองสี่แบบแรกมาทำการวิเคราะห์ เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการอธิบายกระแสการไหลจราจร กับสภาพการจราจรที่สำรวจได้จริงในสนาม ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 2.3 และตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.3 ความสามารถอธิบายคุณลักษณะกระแสจราจรของแบบจำลอง single-regime

ที่มา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ถิรยุทธ ติมานนท์ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชา

วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากรูปที่ 2.3 พบว่า ในช่วงความหนาแน่นต่ำ (จากศูนย์ถึง 32 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องทาง) แบบจำลอง Greenberg และ Underwood จะประมาณค่าความเร็วจราจรเกินความจริง สำหรับในช่วงความหนาแน่นปานกลาง (ระหว่าง 32 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องทาง ถึง 96 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องทาง) แบบจำลองทั้งสองจะคำนวณค่าความเร็วและอัตราการไหลที่ต่ำเกินความเป็นจริง ซึ่งถือเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากความจุจราจรของถนนจะเกิดขึ้นในช่วงความหนาแน่นดังกล่าว สำหรับในช่วงความหนาแน่นสูง (ระหว่าง 96 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องทาง ถึง 144 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องทาง) แบบจำลองทั้งสองสามารถจำลองกระแสจราจรได้ค่อนข้างดี ในช่วงความหนาแน่นสูงมาก (ตั้งแต่ 144 คันต่อกิโลเมตรต่อช่องทางขึ้นไป) แบบจำลอง Greenshields จะเริ่มให้ค่าคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง อัตราการไหลและความหนาแน่นจะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลอง single-regime ต่าง ๆ

พารามิเตอร์การไหล	ช่วงข้อมูล	แบบจำลอง single-regime			
		Green-shields	Green-berg	Under-wood	North-western
การไหลสูงสุด (q_m)	1800-2000	1800	1565	1590	1810
ความเร็วการไหลอิสระ (u_f)	50-55	57	∞	75	49
ความเร็วที่เหมาะสม (u_o)	28-38	29	23	28	30
ความหนาแน่นติดขัด (k_j)	185-250	125	185	∞	∞
ความหนาแน่นที่เหมาะสม (k_o)	48-65	62	68	57	61
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)	—	4.7	5.4	5.0	4.6

ตารางที่ 2.1 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรทางด้านจราจร จากการสำรวจจริงในภาคสนามกับข้อมูลจากการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลองต่าง ๆ พบว่าแบบจำลองทุกประเภทจะวิเคราะห์ค่าอัตราการไหลสูงสุดได้ต่ำกว่าค่าที่สำรวจได้จริงในภาคสนาม โดยที่แบบจำลอง

Greenberg และ Underwood จะให้ค่าต่ำกว่าความเป็นจริงมาก แบบจำลองของ Greenberg จะประมาณความเร็วเหมาะสมที่สุด (optimum speed) ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง ส่วนแบบจำลองของ Greenshields จะคำนวณความหนาแน่นในสภาพติดขัด (jam density) ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง ในขณะที่แบบจำลอง Underwood และ Northwestern จะวิเคราะห์ค่าความหนาแน่นในสภาพติดขัดได้เท่ากับอินฟินิตี้ แบบจำลอง Greenberg จะประมาณค่าความหนาแน่นเหมาะสมที่สุดได้สูงเกินความเป็นจริง จากการทดสอบความแปรปรวนพบว่าแบบจำลอง Northwestern จะมีความแปรปรวนน้อยที่สุด ส่วนแบบจำลอง Greenberg จะมีความแปรปรวนมากที่สุด

แบบจำลอง Multiregime

แบบจำลองประเภท multiregime อันแรก นำเสนอในปี ค.ศ. 1961 โดย Edie ซึ่งเป็นคนสังเกตเห็นว่าแบบจำลองประเภท single-regime ไม่สามารถอธิบายสภาพการจราจรตั้งแต่เบาจนถึงติดขัดหนาแน่นได้ถูกต้องทั้งหมด แบบจำลองที่ Edie เสนอคือการนำแบบจำลอง Underwood (สมการ 2-10) มาใช้อธิบายกระแสจราจรในช่วงสภาพการจราจรเบาบางและนำแบบจำลอง Greenberg (สมการ 2-11) มาใช้อธิบายคุณลักษณะของกระแสจราจรในช่วงสภาพการจราจรติดขัด

ต่อมามหาวิทยาลัย Northwestern ก็ได้นำเสนอแบบจำลอง multiregime เพิ่มขึ้นอีกสามตัว ดังแสดงในรายการที่ 2 ถึง 4 ในตารางที่ 2.2 แบบจำลองอันแรกที่มหาวิทยาลัย Northwestern นำเสนอคือ การใช้แบบจำลอง Greenshields (สมการ 2-2) มาใช้สำหรับทั้งสภาพการจราจรคล่องตัว และสภาพการจราจรติดขัดหนาแน่นแต่จะใช้ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ แตกต่างกัน แบบจำลองอันที่สองเสนอให้ใช้แบบจำลองความเร็วคงที่สำหรับสภาพการจราจรคล่องตัว และใช้แบบจำลอง Greenberg (สมการ 2.10) สำหรับสภาพการจราจรติดขัด ส่วนแบบจำลองอันสุดท้ายเสนอให้แบ่งช่วงวิเคราะห์ออกเป็น 3 ช่วง ได้แก่ ช่วงสภาพการจราจรเบาบาง ช่วงสภาพการจราจรติดขัดและช่วงรอยต่อระหว่างสภาพการจราจรเบาบางและติดขัด ซึ่งจะมีแบบจำลองแตกต่างกันในแต่ละช่วงเวลาวิเคราะห์ ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ปัญหาอย่างหนึ่งคือการแบ่งเขตสภาพการจราจรเบาบาง กับสภาพจราจรหนาแน่น ซึ่งมหาวิทยาลัย Northwestern ได้ลองวิเคราะห์หาโดยใช้ฟังก์ชันความน่าจะเป็นของ Quandt ผลการวิเคราะห์สำหรับแบบจำลองทั้งสี่ประเภทได้แสดงในตารางที่ 2.2 ด้วย

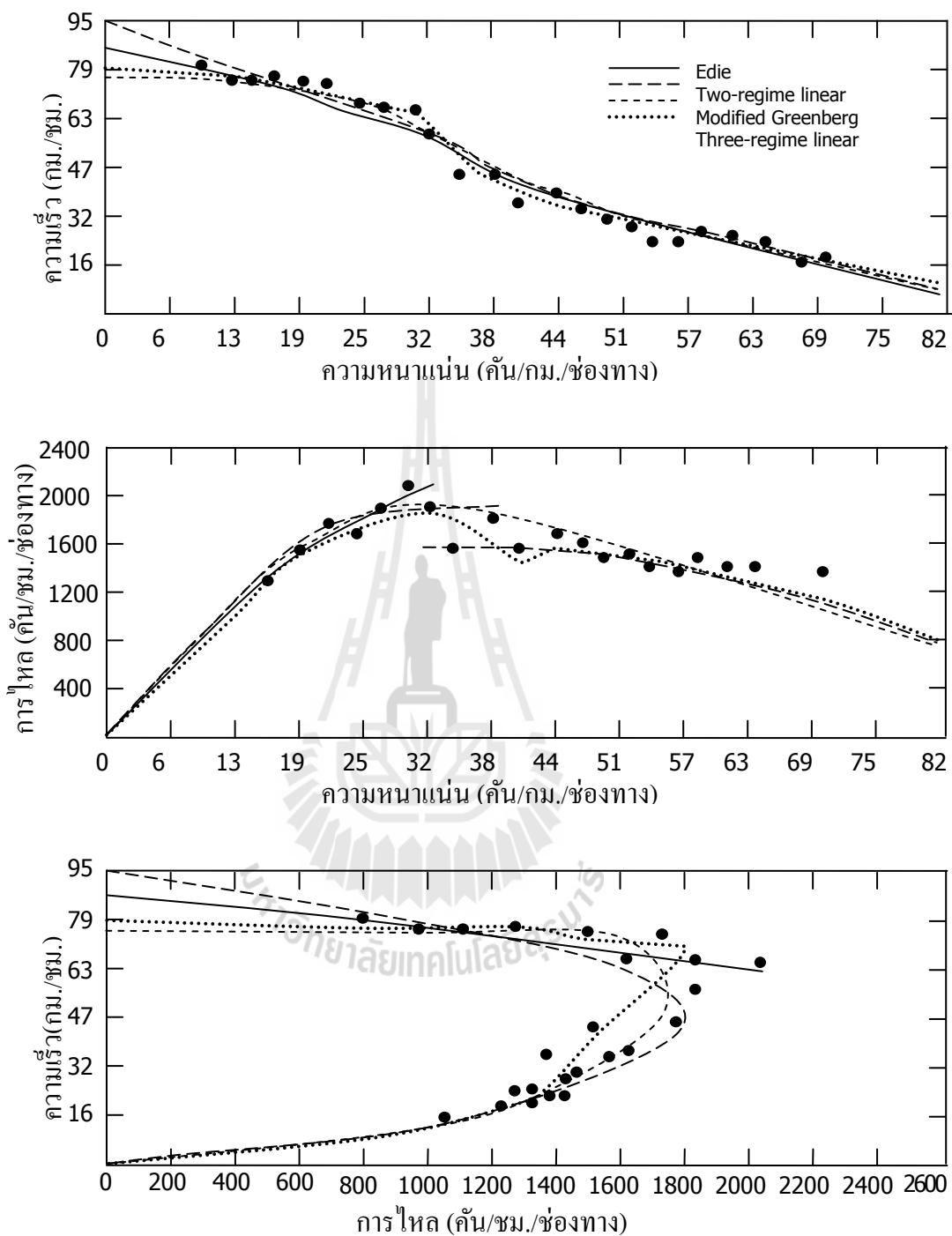
ตารางที่ 2.2 แบบจำลอง multiregime ประเภทต่าง ๆ

แบบจำลอง Multi-regime	สภาพการไหลอิสระ	สภาพระหว่าง เปลี่ยนแปลง	สภาพการไหลติดขัด
Edie	$u = 54.9e^{-k/163.9}$ $(k \leq 50)$	—	$u = 26.8 \ln\left(\frac{162.5}{k}\right)$ $(k \leq 50)$
Two-regime linear	$u = 60.9 - 0.515k$ $(k \leq 65)$	—	$u = 40 - 0.265k$ $(k \leq 65)$
Modified Greenberg	$u = 48$ $(k \leq 35)$	—	$u = 32 \ln\left(\frac{145.5}{k}\right)$ $(k \leq 35)$
Three-regime linear	$u = 50 - 0.098k$ $(k \leq 40)$	$u = 81.4 - 0.913k$ $(40 \leq k \leq 65)$	$u = 40.0 - 0.265k$ $(k \leq 65)$

เมื่อนำแบบจำลอง multiregime ทั้งสี่ตัวมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการอธิบายกระแสการไหลจราจร กับสภาพการจราจรที่สำรวจได้จริงในภาคสนาม ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์จากแบบจำลอง multiregime ต่าง ๆ

พารามิเตอร์การไหล	ช่วงข้อมูล	แบบจำลอง Multi-Regime			
		Edie	Two-Regime Linear	Modified Greenberg	Three-Regime Linear
การไหลสูงสุด (q_m)	1850-2000	2052	1800	1760	1815
ความเร็วการไหลอิสระ (u_f)	50-55	55	61	48	50
ความเร็วที่เหมาะสม (u_o)	28-38	40	30	33	41
ความหนาแน่นติดขัด (k_j)	185-250	162	151	146	151
ความหนาแน่นที่เหมาะสม (k_o)	48-65	50	59	54	45
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	—	3.6	4.2	3.9	3.6



รูปที่ 2.4 ความสามารถอธิบายคุณลักษณะกระแสจราจรของแบบจำลอง multiregime
 ที่มา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ ลิมานนท์ สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชา
 วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

จากรูปที่ 2.4 จะเห็นได้ว่าแบบจำลอง multiregime ทำนายคุณลักษณะกระแสจราจรได้ใกล้เคียงกับสภาพความเป็นจริงดีกว่าแบบจำลอง single-regime ทุกตัว ตารางที่ 2.3 แสดงผลการเปรียบเทียบตัวแปรทางด้านจราจรจากการสำรวจจริงในภาคสนาม กับข้อมูลจากการวิเคราะห์โดยใช้แบบจำลอง multiregime ต่าง ๆ พบว่าแบบจำลอง Edie จะให้ค่าอัตราการไหลสูงสุดเกินกว่าที่สำรวจได้จริง แต่แบบจำลองอีกสามแบบที่นำเสนอโดยมหาวิทยาลัย Northwestern จะวิเคราะห์ค่าอัตราการไหลสูงสุดได้ต่ำกว่าค่าที่สำรวจได้จริงในภาคสนาม แบบจำลองประเภทเส้นตรง (ลำดับที่สองในตารางที่ 2.2) ที่เสนอโดย Northwestern จะประมาณความเร็วการไหลอิสระ (free-flow speed) ได้สูงกว่าความเป็นจริง ส่วนแบบจำลอง Modified Greenshields (ลำดับที่สามในตารางที่ 2.2) จะคำนวณความเร็วการไหลอิสระ (free-flow speed) ได้ต่ำกว่าความเป็นจริง แบบจำลอง multiregime ทั้งสี่จะคำนวณค่าความเร็วที่เหมาะสมที่สุด (optimum speed) ได้สูงกว่าค่าที่สำรวจได้จริงเล็กน้อย แต่จะคำนวณความหนาแน่นในสภาพติดขัด (jam density) ได้ต่ำกว่าความเป็นจริงมาก จากการทดสอบความแปรปรวนพบว่าแบบจำลอง multiregime จะมีระดับความแปรปรวนน้อยกว่าแบบจำลองประเภท single-regime โดยที่แบบจำลอง Edie และแบบจำลอง 3 ช่วง (ลำดับสุดท้ายในตารางที่ 2.2) จะมีความแปรปรวนน้อยที่สุด

2.2 การสำรวจปริมาณการจราจร

ปริมาณการจราจร (Traffic Volume) หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่แล่นผ่านจุด ๆ หนึ่งหรือช่วงหนึ่งของถนนในหนึ่งหน่วยเวลาที่กำหนด ซึ่งอาจจะเป็นชั่วโมงหรือวันก็ได้ ปริมาณการจราจรเป็นข้อมูลที่สำคัญอย่างยิ่งในงานวิศวกรรมจราจร เช่น ใช้ในการวางแผนระบบควบคุมการจราจร การออกแบบไฟสัญญาณจราจร และใช้ในการคาดคะเนปริมาณการจราจรอนาคต

2.2.1 วัตถุประสงค์

การสำรวจปริมาณการจราจร มีวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อที่จะทราบถึงปริมาณการจราจรแต่ละประเภทในแต่ละช่วงเวลา
- 2) เพื่อที่จะนำไปเป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาสภาพการจราจรอื่น ๆ เช่น จำนวนการเดินทาง (Trips) ประเภทการเดินทาง (Mode of Travel) เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนจัดระบบการจราจรและระบบไฟสัญญาณจราจรและการออกแบบถนน
- 3) เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการพิจารณาแนวโน้มการเจริญเติบโตของปริมาณการจราจรในอนาคต

2.2.2 ประโยชน์ของข้อมูลปริมาณจราจร

ข้อมูลปริมาณจราจร สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานทางดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อการเลือกความกว้างของผิวจราจร ไหล่ทาง รวมทั้งความกว้างของสะพาน
- 2) เพื่อการออกแบบชั้นหนาของผิวทาง
- 3) เพื่อศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจของโครงการก่อสร้างและบูรณะทางหลวง
- 4) เพื่อการติดตั้งเครื่องหมายควบคุมการจราจรและอำนวยความสะดวกในการจราจร
- 5) เพื่อพิจารณากำหนดความสำคัญก่อนหลังโครงการก่อสร้างและบูรณะทางหลวง
- 6) เพื่อศึกษาแนวโน้มการเจริญเติบโตของปริมาณจราจร
- 7) เพื่อการออกแบบทางแยก
- 8) เพื่อคำนวณอัตราการเกิดอุบัติเหตุ
- 9) เพื่อการวางแผนโครงการข่ายระบบทางหลวง

2.2.3 ชนิดของปริมาณการจราจร

ปริมาณการจราจรอาจจะแสดงอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น

- 1) **Average Annual Daily Traffic (AADT)** หมายถึง ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน ที่ได้จากข้อมูลการสำรวจปริมาณการจราจรตลอดทั้งปี มีหน่วยเป็นคัน/วัน
- 2) **Average Daily Traffic (ADT)** หมายถึง ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน ที่ได้จากข้อมูลการสำรวจปริมาณการจราจรในระยะเวลาที่มากกว่า 1 วัน แต่น้อยกว่า 1 ปี มีหน่วยเป็น คัน/วัน
- 3) **Hourly Volume (HV)** หมายถึง ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อชั่วโมงซึ่งหาได้จากการสำรวจปริมาณการจราจรในแต่ละช่วงเวลาที่ต้องการ เช่น อาจจะทำการศึกษาในช่วงชั่วโมงเร่งด่วนในตอนเช้าและตอนเย็น มีหน่วยเป็นคัน/ชั่วโมง
- 4) **Maximum Annual Hourly Volume** หมายถึง ปริมาณการจราจรในชั่วโมงหนึ่ง ที่มีค่าสูงสุด หาได้โดยการสำรวจปริมาณการจราจรในหนึ่งชั่วโมงตลอดทั้งปี ($365 \times 24 = 8,760$ ชั่วโมง) แล้วทำการเรียงลำดับปริมาณการจราจรจากชั่วโมงที่มีค่ามากที่สุดลงไปจนครบ 8,760 ชั่วโมง มีหน่วยเป็นคัน/ชั่วโมง
- 5) **Design Hourly Volume** หมายถึง ปริมาณการจราจรที่ใช้ในการออกแบบซึ่งตามปกติแล้วจะไม่ได้ใช้ค่า Maximum Annual Hourly Volume มาทำการออกแบบเพราะจะไม่ประหยัด
- 6) **Short Term Volume Count** หมายถึง ปริมาณการจราจรในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ที่ไม่ถึง 1 ชั่วโมง เช่น 1, 5, 6, 10 หรือ 15 นาที มีหน่วยเป็นคัน/ช่วงเวลา ค่า Short Term Volume

ที่หาได้โดยการสำรวจปริมาณการจราจรในช่วงเวลาสั้น ๆ เพียง 5, 10 หรือ 15 นาที ก็จะได้ค่าที่ใกล้เคียง

2.2.4 คุณลักษณะของปริมาณการจราจร

เมื่อได้ข้อมูลปริมาณการจราจรจากการสำรวจแล้ว จะสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมานำเสนอและวิเคราะห์ค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

1) **Traffic Variations** ปริมาณการจราจรของแต่ละท้องที่ พบว่าจะมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่แน่นอน ดังนั้นจึงสามารถคาดคะเนปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน (ADT) ได้โดยการสำรวจปริมาณการจราจรในช่วงสั้น ๆ แล้วคูณด้วยค่าตัวคูณขยาย (Expansion Factor) ซึ่งหาได้จากข้อมูลเก่าที่เคยมีการศึกษาปริมาณการจราจรตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง ของถนนเส้นนั้น หรือถนนอื่นที่มีลักษณะคล้ายกันตัวอย่างเช่น ถ้าทำการสำรวจปริมาณการจราจรในช่วงเร่งด่วนตอนเช้า 3 ชั่วโมงและตอนเย็นอีก 3 ชั่วโมง รวมเป็น 6 ชั่วโมง ก็จะสามารถประมาณค่า ADT ได้โดยที่

$$ADT = \text{Total Volume} \times 6 - \text{Hr. Expansion Factor} \quad (2-15)$$

เมื่อ ADT คือ ปริมาณการจราจรเฉลี่ยต่อวัน

Expansion Factor คือ ค่าตัวคูณขยาย หาได้จากข้อมูลเก่า ที่เคยมีการศึกษาปริมาณการจราจรตลอดทั้ง 24 ชั่วโมง ของถนนเส้นนั้น หรือถนนอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน

2) **Directional Distribution** (D - Value) เป็นค่าแสดงการกระจายปริมาณการจราจรแต่ละทิศทางในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน

3) **Lane Distribution** เป็นค่าที่แสดงถึงสัดส่วนการใช้ถนนในแต่ละช่องทางของถนนที่มีขนาดตั้งแต่ 2 ช่องทางต่อทิศทางขึ้นไปโดยทั่วไปแล้วจะพิจารณาอัตราส่วนของปริมาณการจราจรในช่องทางซ้ายสุด (ติดกับไหล่ทาง) กับช่องทางที่เหลือในทิศทางเดียวกันว่าจะมีอัตราส่วนมากน้อยเพียงไร โดยเฉพาะจะศึกษาถึงปริมาณรถบรรทุกหนักในช่องทางซ้ายสุด ค่า Lane Distribution นี้จะใช้ในการออกแบบถนน

4) **Peak Hour Factor** (PHF) เป็นค่าที่แสดงถึงการกระจายของปริมาณการจราจรในช่วงชั่วโมงเร่งด่วน หาค่าได้โดยการหารค่า Peak Hourly Volume (PHV) ด้วยปริมาณการจราจรรายชั่วโมงเทียบเท่าที่คำนวณจาก Short Term Volume Count

$$PHF = \frac{V}{4XV} \quad (2-16)$$

PHF ของถนนในเมืองจะมีค่าประมาณ 0.80 ถึง 0.98 ถ้าค่า PHF ต่ำแสดงว่ามีความแปรปรวนมาก ถ้า PHF มีค่าเกินกว่า 0.95 แสดงว่า ปริมาณการจราจรกระจายสม่ำเสมอตลอดช่วงชั่วโมงเร่งด่วน

5) **Traffic Composition** การแยกประเภทของยานพาหนะที่ใช้อยู่ในท้องถนนสำหรับงานสำรวจปริมาณการจราจร มักจะนิยมแยกตามประเภทการใช้งาน เช่น รถส่วนบุคคลซึ่งจะแยกได้เป็น รถเก๋ง (รวมถึงรถปิกอัพส่วนตัว รถตู้ และรถแวน) รถมอเตอร์ไซด์ รถสาธารณะ เช่น รถแท็กซี่ รถสองแถวรับจ้าง รถสามล้อเครื่องรับจ้าง รถสามล้อถีบ รถประจำทาง รถที่ใช้ในการทางธุรกิจ ได้แก่ รถบรรทุกเล็กและรถบรรทุกใหญ่

6) **Passenger Car Unit (PCU)** เป็นค่าสภาพความคล่องตัวของรถแต่ละประเภทเทียบกับรถเก๋ง ซึ่งค่า PCU นี้จะมีค่าแตกต่างกันไปตามสภาพถนนและสภาพภูมิประเทศบางครั้งการแปลงค่าปริมาณการจราจร โดยที่ไม่ได้คำนึงถึงสภาพความคล่องตัวของรถ อาจจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นในการสรุปผลอาจจะปรับแก้จำนวนรถทุกอย่างด้วยค่า PCU ก็จะได้ปริมาณการจราจรทั้งหมดออกมาในรูปของรถเก๋ง ถ้าในบริเวณที่ไม่ได้หาค่า PCU มาก่อนอาจจะใช้ค่า PCU ตามที่ The Ministry of Transport (Circular No. 727) แนะนำไว้ตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ค่า Passenger Car Unit (PCU)

ประเภทของรถ	ค่า PCU			
	ถนน ในเมือง	ถนน นอกเมือง	วงเวียน	ทางแยก สัญญาณไฟ
รถยนต์ 4 ล้อ	1.00	1.00	1.00	1.00
รถมอเตอร์ไซด์	0.75	1.00	0.75	0.33
รถบรรทุกขนาดกลางถึงใหญ่	2.00	3.00	2.80	1.75
รถประจำทาง	3.00	3.00	2.80	2.25

(ที่มา: Hobbs, F.D., Traffic Planning and Engineering)

ตารางที่ 2.5 สัมประสิทธิ์เปรียบเทียบรถยนต์นั่ง (Passenger Car Equivalent)

ประเภท	อักษรย่อ	สัมประสิทธิ์
จักรยานยนต์	MC	0.25
รถยนต์ส่วนบุคคล	PC	1.00
รถประจำทางขนาดเล็ก	LB	1.50
รถประจำทางขนาดใหญ่	HB	2.10
รถบรรทุกขนาดเล็ก	LT	1.75
รถบรรทุกขนาดกลาง	MT	2.00
รถบรรทุกขนาดใหญ่	HT	2.50

(ที่มา: กรมทางหลวง กระทรวงคมนาคม)

ในการศึกษาครั้งนี้เลือกใช้ค่าสัมประสิทธิ์เปรียบเทียบรถยนต์นั่งในตารางที่ 2.4 เนื่องจากบนถนนระดับพื้นราบมีพาหนะประเภทรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ที่ใช้ความเร็วสูงและครอบครองพื้นที่เต็มช่องจราจร รวมทั้งรถบรรทุกซึ่งวิ่งอยู่ช่วงถนนที่มีความลาดชันด้วยความเร็วต่ำ

2.2.5 การสำรวจค่าปริมาณการจราจร

การสำรวจค่าปริมาณการจราจรในบริเวณที่ต้องการทราบค่าจะแยกได้ออกเป็นการสำรวจที่บริเวณช่วงกลางถนน (Mid-Block Volume Counts) และบริเวณทางแยก (Intersection Volume Count)

การสำรวจข้อมูลในช่วงกลางถนน (Mid-Block Volume Count) เป็นการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรบนช่วงหนึ่งของถนน โดยทั่วไปจะเลือกตำแหน่งจุดนับอยู่กึ่งกลางระหว่างทางแยก เพราะเป็นจุดที่รถยนต์สามารถเคลื่อนที่ได้อย่างสม่ำเสมอไม่ถูกรบกวนด้วยรถยนต์ที่เลี้ยวเข้า-ออก การสำรวจรถยนต์บริเวณกลางช่วงถนนนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทราบปริมาณการจราจรในแต่ละทิศทางในช่วงระยะเวลาใด ๆ และประเภทของรถยนต์บนถนนช่วงนั้น ข้อมูลที่ได้นี้จะนำไปใช้ในการศึกษาวิเคราะห์ความจุของถนน การจัดเตรียมที่จอดรถและการวางแผนทางด้านการจราจรอื่น ๆ

การสำรวจข้อมูลบริเวณทางแยก (Intersection Volume Counts) เป็นการสำรวจข้อมูลปริมาณการจราจรที่บริเวณทางแยก โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะต้องการทราบถึงปริมาณการจราจรที่เข้ามาทางแยกนั้น ทิศทางที่รถยนต์จะเคลื่อนที่ไปและปริมาณการจราจรที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านทางแยกนั้นไปได้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ข้อมูลที่ได้จะนำไปใช้ในการออกแบบทางแยก การวิเคราะห์ความจุของทางแยก การออกแบบสัญญาณไฟจราจร

วิธีการสำรวจข้อมูลที่บริเวณทางแยกนี้ จะทำการสำรวจในช่วงเวลาบริเวณโดยการใช้คนนับ (Manual Counts) เพราะจะสามารถแยกประเภทของยานแต่ละอย่างได้และสามารถสำรวจทิศทางการเคลื่อนที่ของยานแต่ละคันได้ช่วงเวลา (Interval) ที่จัดบันทึกข้อมูลจะเป็นช่วงระยะสั้น ๆ โดยทั่วไปนิยมใช้ช่วงเวลา 5 นาที แบบฟอร์มการสำรวจข้อมูลจะใช้แบบฟอร์มเดียวกับที่ใช้ในการสำรวจที่บริเวณกลางช่วงถนน จำนวนผู้สำรวจจะต้องใช้อย่างน้อย 12 คน สำหรับสี่แยกที่มีทิศทางการเคลื่อนที่ 12 ทิศทาง และมีปริมาณการจราจรไม่หนาแน่นมาก ส่วนทางแยกที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่นมากและต้องการประเภทของยานด้วย จะต้องใช้ผู้สำรวจอย่างน้อย 24 คน (2 คน ต่อ 1 ทิศทางการเคลื่อนที่ของยาน) รูปแบบการนำเสนอจะแสดงในรูปของตารางและรูปแบบการจราจรที่ทางแยก (Intersection Flow Diagram) ค่าปริมาณการจราจรที่แสดงทั่วไปจะแสดงอยู่ในรูปของ PCU (Passenger Car Unit)

2.3 วิธีการสำรวจปริมาณจราจร

การสำรวจปริมาณการจราจรทั่วไปจะทำได้โดยวิธีการต่าง ๆ ดังนี้

- การสำรวจโดยใช้คนนับ (Manual Counts)
- การสำรวจโดยใช้เครื่องมือ (Mechanical Counts)
- การสำรวจโดยใช้ภาพถ่าย (Photographic Techniques)
- การสำรวจโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

2.3.1 สำรวจโดยใช้คนนับ (Manual Counts)

การสำรวจโดยวิธีนี้เป็นวิธีที่สะดวกและง่ายได้ข้อมูลที่ถูกต้องและละเอียดที่สุด ผู้สำรวจเพียงแต่นับจำนวนรถที่แล่นผ่าน แล้วทำการบันทึกข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด การบันทึกข้อมูลอาจจะแยกประเภทและทิศทางการเคลื่อนที่ของรถ ด้วยการแยกประเภทอาจจำแนกตามการแบ่งประเภทของยานตามกรมทางหลวง ซึ่งแยกออกเป็น 10 ประเภท คือ รถจักรยาน รถจักรยานยนต์ รถยนต์นั่ง รถโดยสารขนาดเล็ก รถบรรทุกขนาดเล็ก รถโดยสารขนาดใหญ่ รถบรรทุกขนาดกลาง รถบรรทุกขนาดใหญ่ รถแทรกเตอร์และเกวียน

การสำรวจโดยใช้คนนับ มักจะกำหนดช่วงระยะเวลาในช่วงชั่วโมงที่มีปริมาณการจราจรหนาแน่น เช่น ในช่วงเช้าและช่วงเย็น การสำรวจโดยวิธีนี้บางครั้งอาจไม่เหมาะสมกับสภาพภูมิอากาศ หรือในเวลากลางคืน ข้อเสียอีกอย่างหนึ่งคือจะเสียค่าใช้จ่ายมากในกรณีที่ต้องการจำนวนข้อมูลหลายจุดและเป็นระยะเวลานาน อย่างไรก็ตามการสำรวจโดยใช้คนนับจะมีข้อดีคือจะสามารถสำรวจข้อมูลอื่น ๆ ไปพร้อม กันด้วย เช่น สำรวจปริมาณปริมาณรถเล็ก การแยกประเภทรถตามที่ต้องการ จำนวนผู้โดยสารในรถและปริมาณคนเดินถนน

2.3.2 การสำรวจโดยใช้เครื่องมือ (Mechanical Counts)

ในกรณีที่ต้องการข้อมูลปริมาณการจราจรในช่วงระยะเวลายาว ๆ เพื่อที่จะหาการเปลี่ยนแปลงของปริมาณการจราจร (Traffic Variation) การสำรวจโดยใช้คนนับจะไม่เหมาะสม การสำรวจโดยใช้เครื่องมือจะเหมาะสมกว่า เครื่องนับจะประกอบด้วยตัวจับคลื่น (Detector) และเครื่องนับ (Counter) เมื่อมีรถแล่นผ่านตัวจับคลื่นจะส่งสัญญาณไปยังเครื่องนับตัวจับคลื่นมีอยู่หลายชนิด เช่น ชนิดความดัน (Pneumatic Detector) ชนิดโลหะกระทบ (Positive Contact Detector) ชนิดใช้สนามแม่เหล็ก (Magnetic Detector) และชนิดใช้ลำแสง (Ultrasonic Beams)

ตัวจับคลื่นที่นิยมใช้ทั่วไป คือ ประเภทใช้ความดัน (Pneumatic Tube) ซึ่งจะมีลักษณะเป็นสายยางวางพาดอยู่บนผิวถนน เมื่อมีรถแล่นทับสายยางจะเกิดความดันส่งคลื่นไปยังเครื่องนับเพื่อทำการบันทึกข้อมูล ปัจจุบันเครื่องมือได้รับการพัฒนาขึ้นมามาก สามารถแยกประเภทยานพาหนะ วัดความเร็วและวัดช่วงต่อของยานพาหนะ (Headway) ได้

2.3.3 การสำรวจโดยใช้ภาพถ่าย (Photographic Techniques)

การหาค่าปริมาณการจราจร สามารถหาได้โดยใช้ภาพถ่ายซึ่งอาจจะเป็นภาพนิ่งหรือภาพยนตร์ การถ่ายภาพจะถ่ายจากที่สูงซึ่งสามารถมองเห็นได้ทั่วบริเวณ แล้วจึงนับจำนวนรถจากภาพที่ปรากฏในแต่ละช่วงเวลา วิธีการนี้ได้ข้อมูลที่ละเอียดแน่นอนแต่จะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายมาก

2.3.4 การสำรวจโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

การสำรวจโดยวิธีนี้ ผู้สำรวจจะมีการเคลื่อนที่ตามสภาพการจราจรทำให้ได้ข้อมูลที่เป็นตัวแทนของถนนทั้งสายได้ แตกต่างจากข้อมูลที่ได้โดยวิธีใช้คนนับและวิธีใช้เครื่องนับ ซึ่งจะได้ข้อมูลเฉพาะจุดที่ทำการสำรวจเท่านั้น หลักการของวิธีนี้คือผู้สำรวจจะนั่งไปในรถที่เคลื่อนที่ไปตามสภาพการจราจรในทิศทางที่ต้องการวัดค่า แล้วขับย้อนกลับมาอีกครั้ง ไปถึงประมาณ 6 ถึง 16 เทียบ ในขณะที่เคลื่อนที่ตามทิศทางจราจรที่ต้องการวัด ผู้สำรวจจะต้องบันทึกจำนวนรถที่ผู้สำรวจแซง จำนวนรถที่แซงผู้สำรวจและเวลาที่ไ้ใช้จากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง ในที่ียวกลับที่ขับสวนทิศทางจราจร ผู้สำรวจจะต้องนับจำนวนรถที่ผ่านในทิศทางที่ต้องการวัดและบันทึกเวลาที่ไ้ใช้จากจุดปลายทางถึงจุดเริ่มต้น วิธีรถทดสอบ (Test-car runs) ประกอบด้วยเทคนิคในการสำรวจข้อมูล 3 รูปแบบ ได้แก่

1) เทคนิครถลอยตัว (Floating car) วิธีนี้คนขับรถทดสอบจะถูกกำหนดให้ขับแซงรถคันอื่นในกระแสจราจรให้พอ ๆ กับจำนวนรถที่ขับแซงรถทดสอบ ด้วยวิธีการนี้คนขับจะสามารถ

ประมาณค่า Space mean speed ของกระแสจราจรได้หรืออาจนำระยะทางแต่ละช่วงหารด้วยเวลาที่ใช้เดินทางในแต่ละช่วง ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่สามารถหาค่า Space mean speed ได้

2) เทคนิครถเฉลี่ย (Average car) วิธีการนี้คนขับจะถูกกำหนดให้ใช้ความเร็วในการเดินทางที่ใกล้เคียงกับความเร็วโดยรวม หรือความเร็วเฉลี่ยของกระแสจราจร

3) เทคนิครถมากที่สุด (Maximum car) วิธีการนี้จะกำหนดให้คนขับใช้ความเร็วในการเดินทางได้สูงสุดไม่เกินที่กำหนดไว้บนป้ายควบคุมความเร็ว
ปริมาณการจราจรและระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ย สามารถหาได้จาก

$$V_n = \frac{60(M_s + O_n - P_n)}{T_n + T_s} \quad (2-17)$$

$$\overline{T_n} = T_n - \frac{60(O_n - P_n)}{V_n} \quad (2-18)$$

เมื่อ V_n คือ ปริมาณรถใน 1 ชั่วโมง (เมื่อรถทดสอบเดินทางมุ่งทิศเหนือ)

M_s คือ จำนวนรถที่แล่นสวนทางขณะเดินสู่ทิศใต้ (รถที่เดินทางสู่ทิศใต้)

O_n คือ จำนวนรถที่แซงรถผู้สำรวจ (เมื่อรถทดสอบเดินทางมุ่งทิศเหนือ)

P_n คือ จำนวนรถที่ถูกรถผู้สำรวจแซง (เมื่อรถทดสอบเดินทางมุ่งทิศเหนือ)

$\overline{T_n}$ คือ ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยของปริมาณการจราจรทั้งหมด จากตำแหน่งเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง (เมื่อรถทดสอบเดินทางมุ่งทิศเหนือ)

T_n คือ ระยะเวลาการเดินทางจากตำแหน่งเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง (เมื่อรถทดสอบเดินทางมุ่งทิศเหนือ)

สำหรับ V_s และ T_s การคำนวณเช่นเดียวกับ V_n และ T_n แต่จะเปลี่ยนทิศทางเหนือเป็นใต้แทน

2.4 ทฤษฎีการวิเคราะห์ความถดถอย

2.4.1 ประเภทของการวิเคราะห์ความถดถอย

การวิเคราะห์การถดถอย (Regression Analysis) เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม 1 ตัวแปร กับ ตัวแปรอิสระตั้งแต่ 1 ตัวแปรขึ้นไปโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณการค่าของตัวแปรตามเมื่อได้ทราบค่าของตัวแปรอิสระแล้ว โดยการวิเคราะห์ความถดถอยจะแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1) การวิเคราะห์ความถดถอยอย่างง่าย (Simple Regression Analysis)

การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายนี้มีตัวแปรอิสระ X เพียงตัวแปรเดียว และมีตัวแปรตาม Y เพียงตัวเดียวเช่นกัน ข้อมูลตัวอย่างสามารถเขียนออกมาได้ในรูปของคู่อันดับ (X_i, Y_i) โดยที่ $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ถ้าสมมติว่าค่าเฉลี่ยทั้งหมด $\mu_{Y/X}$ อยู่บนเส้นตรง ตัวแปรสุ่ม $Y_i = Y/X_i$ สามารถเขียนได้ด้วยตัวแบบการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายดังแสดงสมการที่ 2-19

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X \quad (2-19)$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

β_0 คือ เป็นระยะตัดแกน y หรือค่าเริ่มต้นของเส้นสมการถดถอย

β_1 คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) เป็นความชัน (Slope) ของเส้นถดถอย

ε คือ ความคลาดเคลื่อนซึ่งเป็นตัวแปรสุ่ม

2) การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ (Multiple Regression Analysis)

การวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ จะต่างจากการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย คือ จะมีตัวแปรอิสระ x หลายตัวแปร หรืออาจกล่าวได้ว่ามีตัวแปรอิสระหลายตัวที่มีอิทธิพลต่อ y รูปแบบของสมการแสดงดังสมการที่ 2-20

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad (2-20)$$

โดยที่ Y คือ ตัวแปรตาม (Dependent Variable)

X คือ ตัวแปรอิสระ (Independent Variable)

β_0 คือ เป็นระยะตัดแกน y หรือค่าเริ่มต้นของเส้นสมการถดถอย

$\beta_1 - \beta_n$ คือ สัมประสิทธิ์การถดถอย (Regression Coefficient) ตัวที่ 1 ถึงตัวที่ n

โดยที่สมการถดถอยเชิงเส้นพหุคูณนั้น จะเป็นการประมาณสมการความสัมพันธ์ของค่าเฉลี่ยของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ

2.4.2 ค่าสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความถดถอยพหุคูณ

เนื่องจากวัตถุประสงค์ที่สำคัญของการสร้างสมการเส้นถดถอยขึ้นมาก็เพื่อประมาณหรือพยากรณ์ตัวแปรที่ต้องการศึกษา ดังนั้น เพื่อความมั่นใจว่าสมการเส้นถดถอยที่สร้างขึ้นมานั้นสามารถนำไปประมาณค่าหรือพยากรณ์ตัวแปรที่เราต้องการศึกษาได้จริง จึงต้องมีการทดสอบโดยอาศัยค่าสถิติ

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination: R^2)

สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ หมายถึง สัดส่วนที่ตัวแปร X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปร Y ได้ ดังนั้นถ้า R^2 มีค่ามาก Y และ X มีความสัมพันธ์กันมากหรือ X สามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของค่า Y ได้มาก โดยที่ค่า R^2 เป็นค่าสถิติที่ไม่มีหน่วย และมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 1 โดยถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าร้อยละที่ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามมีค่ามาก แต่ถ้า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าร้อยละที่ตัวแปรอิสระสามารถอธิบายการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรตามมีค่าน้อย โดย R^2 คำนวณได้จากสมการ 2-21

$$R^2 = SSR / SST = 1 - (SSE / SST) \quad (2-21)$$

โดยที่ R^2 คือ สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ

SSR คือ ค่าความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลของ x

SSE คือ ค่าความแปรปรวนของ y เนื่องจากอิทธิพลของปัจจัยอื่นๆ

SST คือ ค่าความแปรปรวนของ y ทั้งหมด

2.5 การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Zhang และ Kim (2005) จากมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียและมหาวิทยาลัยเกาหลี ได้ทำการศึกษาการไหลของกระแสจราจรในกรณีมีรถยนต์เข้ามาในกระแสจราจร โดยเสนอทฤษฎีที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความจุของถนนและปริมาณจราจรในลักษณะต่างๆ โดยสนใจ ตัวแปรต่างๆ เช่น ช่องว่างของเวลา (Gap-Time) ระยะห่างระหว่างรถยนต์ในกระแสจราจร (Gap-Distance) และเฟสการจราจร (Traffic Phase) โดยกำหนดรูปแบบที่แตกต่างกันของระยะเวลาช่วงห่างของรถยนต์ในกระแสจราจรที่ได้รับไม่เพียงพอในทฤษฎีใหม่ แต่ยังคงกล่าวถึงทฤษฎีการวิเคราะห์การไหลของกระแสจราจรแบบเดิมอยู่ด้วย โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields Greenberg และ Edie

Heydecker และ Addison (2011) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์และจำลองการไหลของกระแสจราจรภายใต้ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบ โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วจราจรกับความหนาแน่นจราจร เพื่อวิเคราะห์การไหลของกระแสจราจรของการจราจรภายใต้ความเร็วที่ใช้ในการออกแบบและทำการวิเคราะห์สถิติของข้อมูลจราจรจากโครงข่ายทางหลวงของประเทศอังกฤษ โดยศึกษาในช่วงที่การจราจรไม่หนาแน่นซึ่งจะทำให้ความเร็วการจราจรไม่เบี่ยงเบนและอนุมานว่าความเร็วการจราจรจะเป็นศูนย์เมื่อเกิดความหนาแน่นการจราจรติดขัด ในทางกลับกันความเร็วการจราจรจะเพิ่มขึ้นเมื่อความหนาแน่นการจราจรลดลง จึงใช้ทฤษฎีนี้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อวิเคราะห์การจัดการการจราจรโดยการวัดและการควบคุมความเร็วการจราจร รวมถึงแสดงวิธีการที่จะสามารถใช้ประมาณการผลกระทบของการจัดการการควบคุมความเร็วการจราจรที่จะส่งผลต่อความจุของถนน โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields, Greenberg, Underwood และ Edie

G.C.K. Wong และ S.C. Wong (2002) ได้ทำการศึกษารูปแบบการไหลของกระแสจราจรลักษณะต่าง ๆ ที่แปรผันตามลักษณะของผู้ขับขี่ที่แตกต่างกัน โดยคำนึงถึงความแตกต่างกันในการตัดสินใจเลือกทางเลือกของผู้ขับขี่แต่ละคน ที่จะตัดสินใจเพิ่มความเร็วในการขับขี่เพื่อแซงรถยนต์คันหน้า หรือตัดสินใจลดความเร็วเพื่อชะลอรถยนต์ให้ช้าลงในสภาพการจราจรที่มีลักษณะแตกต่างกันทั้งสภาพการจราจรเบาบางและสภาพการจราจรติดขัด แล้วทำการสร้างแบบจำลองที่สามารถคาดการณ์ลักษณะปัญหาต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นกับการไหลของกระแสจราจรได้ โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields, Greenberg, Underwood และ Edie

Werner BRILON และ Jan LOHOFF (2011) ได้ทำการศึกษาแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการไหลของกระแสจราจรบนทางหลวง (Freeway) โดยนำมาตรฐาน HCM 2010 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการไหลของกระแสจราจรที่ไม่ติดขัดบนทางหลวงที่กำหนดให้ใช้ความเร็วสูงมากกว่าความเร็วเฉลี่ยของกระแสจราจร มาพิจารณารวมกับความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการไหลของกระแสจราจรในสภาพการจราจรที่ติดขัด โดยเพิ่มข้อจำกัดของการไหลของกระแสจราจรที่ไม่มีกำหนดในมาตรฐานเข้ามาพิจารณาด้วย จากนั้นนำเสนอในรูปแบบของแบบจำลองที่วิเคราะห์แถวคอยของการไหลของกระแสจราจรที่ไม่ติดขัดและนำมาเปรียบเทียบกัน นอกจากนี้ยังมีอีกหลายโมเดลที่สามารถแสดงลักษณะการไหลของกระแสจราจรลักษณะต่าง ๆ ที่แตกต่างกัน จากนั้นลองเปรียบเทียบข้อมูลจริง ซึ่งเป็นข้อมูลจากประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศเยอรมนี ใช้เป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์ โดยแบบจำลองนี้สามารถคาดการณ์ลักษณะการไหลของกระแสจราจรซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการเสนอแนะแนวทางการบริหารจัดการการจราจรบนทางหลวง อีกทั้งแบบจำลองนี้ยังสามารถดัดแปลงให้สามารถ

ใช้วิเคราะห์และแสดงผลกระทบคือการลดลงของความจุของถนนได้ โดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields และ Underwood

R. JAYAKRISHNAN, WEI K. TSAI, และ ANTHONY CHEN (1995) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแบบจำลองการเดินทางที่มีความสัมพันธ์กับการไหลของกระแสจราจร โดยการสมมติจุดเริ่มต้นการเดินทางและจุดปลายทางของความต้องการเดินทาง แล้วให้รูปแบบการจราจรมีการกระจายสม่ำเสมอตลอดเวลา ซึ่งสมมติฐานนี้ไม่ได้ใช้สำหรับสร้างแบบจำลองการเดินทางในช่วงที่มีความต้องการเดินทางสูงสุด แต่ใช้ศึกษาแบบจำลองการเดินทางที่มีความสัมพันธ์กับการไหลของกระแสจราจรในสภาพการจราจรปกติ โดยมีตัวแปรคือจำนวนยานพาหนะ ณ ปัจจุบันที่อยู่บนเส้นทางในช่วงเวลาที่ทำการศึกษา รวมถึงการไหลของกระแสจราจรที่เหมาะสมและคงที่ แล้วสร้างแบบจำลองโดยอ้างอิงทฤษฎีของ Greenshields

Max-Olivier Hongler และ Roger Filliger (2002) ได้ทำการพัฒนาสมการความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นการจราจรกับการไหลการจราจร สำหรับการศึกษาพื้นฐานของการจราจรหนึ่งช่องทาง ซึ่งสมการความสัมพันธ์ที่ได้รับการพัฒนาขึ้นมานี้ใช้วิเคราะห์การจราจรในสภาพไม่เสถียรได้มีประสิทธิภาพมากกว่าสมการของแบบจำลองอย่างง่ายที่กล่าวถึงในทฤษฎีการจราจร โดยอ้างอิงจากทฤษฎีของ Greenshields

YAO Jun, TENG Hualiang, WEI Heng และ HU Siji (2009) ได้ทำการศึกษาการประมาณความจุของถนนโดยใช้แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นโค้ง โดยความจุสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ระหว่างการไหลและความเร็ว หรือระหว่างการไหลและการครอบครองพื้นที่ของยานพาหนะบนถนน โดยปกติในการประมาณความจุจากตัวแปรจราจรที่มีความสัมพันธ์กันนี้จะได้ค่าความจุที่แตกต่างจากค่าจริง ซึ่งอาจจะเกิดจากตัวแปรจราจรตัวใดตัวหนึ่งในสมการความสัมพันธ์ที่คลาดเคลื่อน เนื่องจากลักษณะที่แตกต่างกันของสภาพการจราจรลักษณะต่าง ๆ กัน ทั้งสภาพการจราจรที่เบาบาง สภาพการจราจรในช่วงเวลาปกติของวัน ตลอดจนสภาพการจราจร ติดขัดในช่วงเวลาเร่งด่วน ซึ่งส่งผลต่อข้อมูลตัวแปรจราจรที่นำมาวิเคราะห์ ดังนั้นเมื่อพัฒนาแบบจำลองการถดถอยเชิงเส้นโค้ง แล้วนำแบบจำลองนี้มาวิเคราะห์ตัวแปรจราจรที่มีความสัมพันธ์กัน พบว่าค่าความจุที่ประมาณได้มีค่าใกล้เคียงและมีความสอดคล้องกันกับความจุของถนน

อัลกอริทึมของฟอร์ด-ฟูลเกอสัน (Ford–Fulkerson algorithm) เป็นอัลกอริทึมสำหรับแก้ปัญหาเรื่องการไหลมากที่สุด (maximum flow) ของการไหลในเครือข่าย (network flow) ที่มีหน้าตัดของท่อไม่เท่ากัน ซึ่งอัลกอริทึมนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Lester Randolph Ford และ Delbert Ray Fulkerson ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในปี ค.ศ. 1956

วิสุทธิ กิจชัยนุกูล (2552) ได้ทำการศึกษาการไหลสูงสุดของการจราจรที่ความจุของถนนขึ้นอยู่กับขนาดของการไหล โดยการสร้างแบบจำลองการจราจรเป็นเครือข่ายถ่วงน้ำหนัก $N(V, E, W)$ ที่ระบุทิศทาง ซึ่งเซต V คือเซตของจุดยอดแทนด้วยทางแยกต่าง ๆ เซต E คือเซตแทนถนนระหว่างทางแยกและเซต W คือเซตของน้ำหนักแทนด้วยความยาวของถนน หรือเวลาที่ยานพาหนะใช้ในการผ่านถนน หรือความจุของถนนซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนยานพาหนะที่ผ่านถนนต่อชั่วโมง แล้วทำการศึกษาปัญหาการจราจรโดยสนใจความจุของถนน ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วของการจราจรและความหนาแน่นของการจราจร โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาปริมาณสูงสุดของยานพาหนะซึ่งเคลื่อนที่ในเครือข่ายบนถนนบางสายในกรุงเทพมหานครเรียกปัญหานี้ว่า การไหลสูงสุดในเครือข่ายที่ขึ้นกับความจุ อีกทั้งได้นำขั้นตอนวิธีของ Ford-Fulkerson มาใช้ในการแก้ปัญหาการไหลสูงสุดในเครือข่ายที่ระบุทิศทาง ซึ่งความจุของด้านคงที่และทิศทางการไหลระหว่างจุดยอดแต่ละคู่ มีได้ทิศทางเดียว ในการศึกษานี้ได้ขยายขั้นตอนวิธีของ Ford-Fulkerson มาใช้ในการแก้ปัญหา การไหลสูงสุดที่ขึ้นกับความจุ และทิศทางการไหลระหว่างจุดยอดแต่ละคู่ในสองทิศทางทั้งไปและกลับ โดยได้พัฒนาโปรแกรม Matlab จากการขยายขั้นตอนวิธีของ Ford-Fulkerson เพื่อแก้ปัญหาการไหลสูงสุดของการจราจร อีกทั้งได้นำขั้นตอนวิธีการและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใหม่นี้มาประยุกต์ในการแก้ปัญหาการจราจรในเครือข่ายถนนบางสายในกรุงเทพมหานคร ผลลัพธ์จากโปรแกรมแสดงได้เป็น 6 ส่วนคือ ส่วนแรกแสดงความจุการไหลและการไหลที่ยังสามารถเพิ่มได้ของถนนระหว่างทางแยก ส่วนที่สองแสดงเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากจุดเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง ส่วนที่สามแสดงความจุการไหลและการไหลที่ยังสามารถเพิ่มได้จากทุกจุดยอดในเครือข่าย ส่วนที่สี่แสดงเซตของถนนระหว่างทางแยกที่ถูกตัดค่าส่วนตัดต่ำสุดและค่าของการไหลสูงสุด ส่วนที่ห้าแสดงการเปลี่ยนแปลงค่าการไหลหากเพิ่มการไหลจากจุดยอดอื่นไปยังจุดปลายทาง การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวแสดงเส้นทางจากจุดยอดที่เพิ่มไปยังจุดปลายทางและค่าการไหลสูงสุดใหม่ ส่วนที่หกแสดงกราฟของทุกเส้นทางที่ให้ค่าการไหลสูงสุดจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง โดยได้เปรียบเทียบค่าการไหลสูงสุดจากโปรแกรมกับข้อมูลจริงที่เป็นความหนาแน่นของการจราจร พบว่ามีผลใกล้เคียงกัน แต่ข้อมูลจริงมีค่ามากกว่าค่าจากโปรแกรม เนื่องจากในโปรแกรมได้เพิ่มระยะห่างปลอดภัยระหว่างยานพาหนะตามความเร็ว ซึ่งได้หาค่าการไหลสูงสุดที่ระยะห่างปลอดภัยของความเร็วประมาณ 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ในช่วงความเร็วสูงกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หากความเร็วลดลงความจุเพิ่มขึ้น ขณะที่ในช่วงความเร็วน้อยกว่า 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หากความเร็วลดลงความจุจะลดลงตามไปด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุของการจราจรติดขัดภายใต้เงื่อนไขนี้ จึงคาดว่าขั้นตอนวิธีและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับเครือข่ายรูปแบบอื่น ๆ ที่การไหลขึ้นกับความจุ

สุชุม จรูญธรรม (2546) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรบนถนนสายหลักในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้เครื่องออดิโอสโคป โดยทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรเพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบในการออกแบบถนนและอธิบายถึงความสามารถในการบริการของถนนสายต่าง ๆ ที่ทำการศึกษา เนื่องจากถนนแต่ละสายมีพฤติกรรมไม่เหมือนกัน ดังนั้นจากการศึกษาทำให้ได้แบบจำลองของปริมาณจราจรที่เกิดขึ้นกับถนนแต่ละสายที่ต่างกัน และอาจนำแบบจำลองไปใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบปรับปรุงถนนต่าง ๆ ที่เป็นพื้นที่ศึกษาและทำการเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้ ถนนงามวงศ์วานบริเวณมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ถนนพัฒนาการ เขตสวนหลวง และถนน สุขุมวิทบริเวณซอย 92 โดยถนนที่ทำการศึกษาเป็นถนน 3 ช่องจราจร ซึ่งจากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสจราจรยังอยู่ในช่วงที่ไม่เกิดการติดขัด โดยแบบจำลองที่วิเคราะห์ได้สำหรับความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลกับความเร็วและอัตราการไหลกับความหนาแน่นเป็นไปตามทฤษฎีของ Greenshields



บทที่ 3

ระเบียบการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการดำเนินการวิจัยเพื่อให้บรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ของการศึกษาการรองรับความจุที่สามารถรองรับอัตราการไหลสูงสุดและรูปแบบความต้องการเดินทาง : กรณีศึกษาถนนธนบุรี อำเภอบางกรวย จังหวัดนครราชสีมา อันประกอบด้วย ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย การกำหนดพื้นที่ศึกษา การกำหนดกลุ่มประชากร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การสร้างเครื่องมือเก็บข้อมูลที่ต้องทำการรวบรวมในการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณจราจร การสรุปผลทางการศึกษาและข้อเสนอแนะในการวิจัย โดยมีรายละเอียดขั้นตอน ดังนี้

- 3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย
- 3.2 การกำหนดพื้นที่ศึกษา
- 3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย
- 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.6 การวิเคราะห์ปริมาณจราจร
- 3.7 การสรุปผลทางการศึกษาและข้อเสนอแนะ

3.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการรองรับความจุที่สามารถรองรับอัตราการไหลสูงสุดและรูปแบบความต้องการเดินทาง : กรณีศึกษาถนนธนบุรี อำเภอบางกรวย จังหวัดนครราชสีมา เป็นการศึกษาเพื่อคำนวณการรองรับความจุ (Capacity) ของถนนที่สามารถรองรับอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ของถนนในพื้นที่ศึกษาและศึกษารูปแบบความต้องการเดินทาง (Demand Pattern) บนถนนในพื้นที่ศึกษาในวันธรรมดาและวันหยุด เพื่อเสนอแนะแนวทางการกำหนดมาตรการในการจัดการถนนในพื้นที่ศึกษาให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพสูงสุด ณ ปัจจุบัน โดยมีขั้นตอนการศึกษาแสดงดังภาพที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย

3.1.1 ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความจุ (Capacity) ที่สามารถรองรับอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ของกระแสจราจร ตลอดจนการใช้แบบจำลอง กระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการศึกษารูปแบบความต้องการเดินทาง (Demand Pattern) บนถนน

3.1.2 สำรวจและคัดเลือกถนนสายท่องเที่ยวที่ต้องการศึกษาวิจัย โดยเลือกถนนสายท่องเที่ยวที่มีสภาพการจราจรมีปริมาณความหนาแน่นของกระแสจราจรสูงทั้งในวันธรรมดาและวันหยุด และเป็นถนนที่มีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกันในแต่ละช่วงเพื่อเปรียบเทียบการใช้แบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ ในการวิเคราะห์กระแสจราจรของถนนช่วงนั้น ๆ

3.1.3 ดำเนินการเก็บสำรวจข้อมูลภาคสนามใช้วิธีการสำรวจด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method) ในการเก็บข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์ เพื่อคำนวณอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ที่สภาพถนนสามารถรองรับได้ในแต่ละช่วงของถนนที่ทำการศึกษา โดยแบ่งถนนออกเป็น 5 ช่วงดังนี้

ถนนช่วงที่ 1 ช่วงกิโลเมตรที่ 0-4 คิดเป็นระยะทาง 4 กิโลเมตร

ถนนช่วงที่ 2 ช่วงกิโลเมตรที่ 4-8 คิดเป็นระยะทาง 4 กิโลเมตร

ถนนช่วงที่ 3 ช่วงกิโลเมตรที่ 8-12 คิดเป็นระยะทาง 4 กิโลเมตร

ถนนช่วงที่ 4 ช่วงกิโลเมตรที่ 12-16 คิดเป็นระยะทาง 4 กิโลเมตร

ถนนช่วงที่ 5 ช่วงกิโลเมตรที่ 16-21 คิดเป็นระยะทาง 5 กิโลเมตร

โดยหลักกิโลเมตรวัดจากทางแยกต่างระดับบนถนนมิตรภาพ ในทิศทางมุ่งหน้าอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 3.1-3.5



รูปที่ 3.1 จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 1



รูปที่ 3.2 จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 2



รูปที่ 3.3 จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 3



รูปที่ 3.4 จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 4



รูปที่ 3.5 จุดเริ่มต้นถนนช่วงที่ 5

การสำรวจข้อมูลดังกล่าวโดยใช้เทคนิค รถสำรวจเคลื่อนที่ (Moving Vehicles Method) ตัวแปรด้านวิศวกรรมจราจรที่สำรวจ ได้แก่ ปริมาณจราจรบนถนนช่วงที่ 1 ถึง ช่วงที่ 5 และความเร็วแบบ Space mean speed ในขณะที่เดียวกันยังสามารถวัดได้อัตราการไหล (Flow) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สามารถเก็บข้อมูลได้สะดวกในพื้นที่ศึกษา ขณะที่ความหนาแน่น (Density) เป็นปริมาณที่วิเคราะห์ภายหลังจากตัวแปรดังกล่าว

นอกจากนั้นมีการตรวจสอบปริมาณจราจรที่คำนวณได้จากข้อมูลที่ใช้คนนับ (Manual Counts) ตามจุดต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ 4 จุด ได้แก่ จุดตรวจสอบกิโลเมตรที่ 4, 8, 12 และ 16 การสำรวจโดยใช้คนนับ นอกจากเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของปริมาณจราจร ณ เวลาที่ทำการสำรวจด้วยเทคนิครถสำรวจเคลื่อนที่แล้ว ยังเป็นการศึกษารูปแบบความต้องการเดินทาง (Demand Pattern) บนถนนที่เป็นพื้นที่ศึกษาด้วย

ลักษณะทางกายภาพของบริเวณที่ดำเนินการเก็บข้อมูลทั้ง 4 จุด มีลักษณะดังนี้

1) บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลจุดที่ 1 ที่กิโลเมตรที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของบริเวณจุดที่ 1 อยู่บริเวณด้านหน้าบริษัท โซลาร์ตรอนจำกัด (มหาชน) โดยถนนบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นถนนทางตรงขนาด 4 ช่องจราจร และบริเวณสองข้างทางมีร้านอาหาร สถานที่ท่องเที่ยว และสถานที่ราชการ ดังแสดงในรูปที่ 3.6

2) บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลจุดที่ 2 ที่กิโลเมตรที่ 8 ลักษณะทางกายภาพของบริเวณจุดที่ 2 อยู่บริเวณคอขวดของถนนขนาด 4 ช่องจราจร ที่ลดขนาดเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร และบริเวณบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นถนนทางตรง และมีถนนลักษณะทางโค้งห่างจากจุดสำรวจไม่มากนักจากทั้งสองทิศทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.7

3) บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลจุดที่ 3 ที่กิโลเมตรที่ 12 ลักษณะทางกายภาพของบริเวณจุดที่ 3 อยู่บริเวณด้านหน้าป้อมตำรวจของสถานีตำรวจภูธรตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ตำแหน่งตรงทางแยกเข้าสถานีตำรวจภูธรตำบลหมูสี อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา โดยถนนบริเวณดังกล่าวมีลักษณะเป็นถนนทางตรงขึ้นเนินขนาด 2 ช่องจราจร และบริเวณสองข้างทางมีร้านอาหาร ร้านค้า สถานที่ท่องเที่ยว และสถานที่ราชการ ดังแสดงในรูปที่ 3.8

4) บริเวณที่ทำการเก็บข้อมูลจุดที่ 4 ที่กิโลเมตรที่ 16 ลักษณะทางกายภาพของบริเวณจุดที่ 4 มีลักษณะเป็นถนนทางตรงขนาด 2 ช่องจราจร และบริเวณสองข้างทางมีชุมชน บ้านพักอาศัย รีสอร์ทต่างๆ ร้านอาหาร ร้านค้า สถานที่ท่องเที่ยว วัดและสถานที่ราชการ ดังแสดงในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.6 จุดที่ 1 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ



รูปที่ 3.7 จุดที่ 2 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ



รูปที่ 3.8 จุดที่ 3 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ



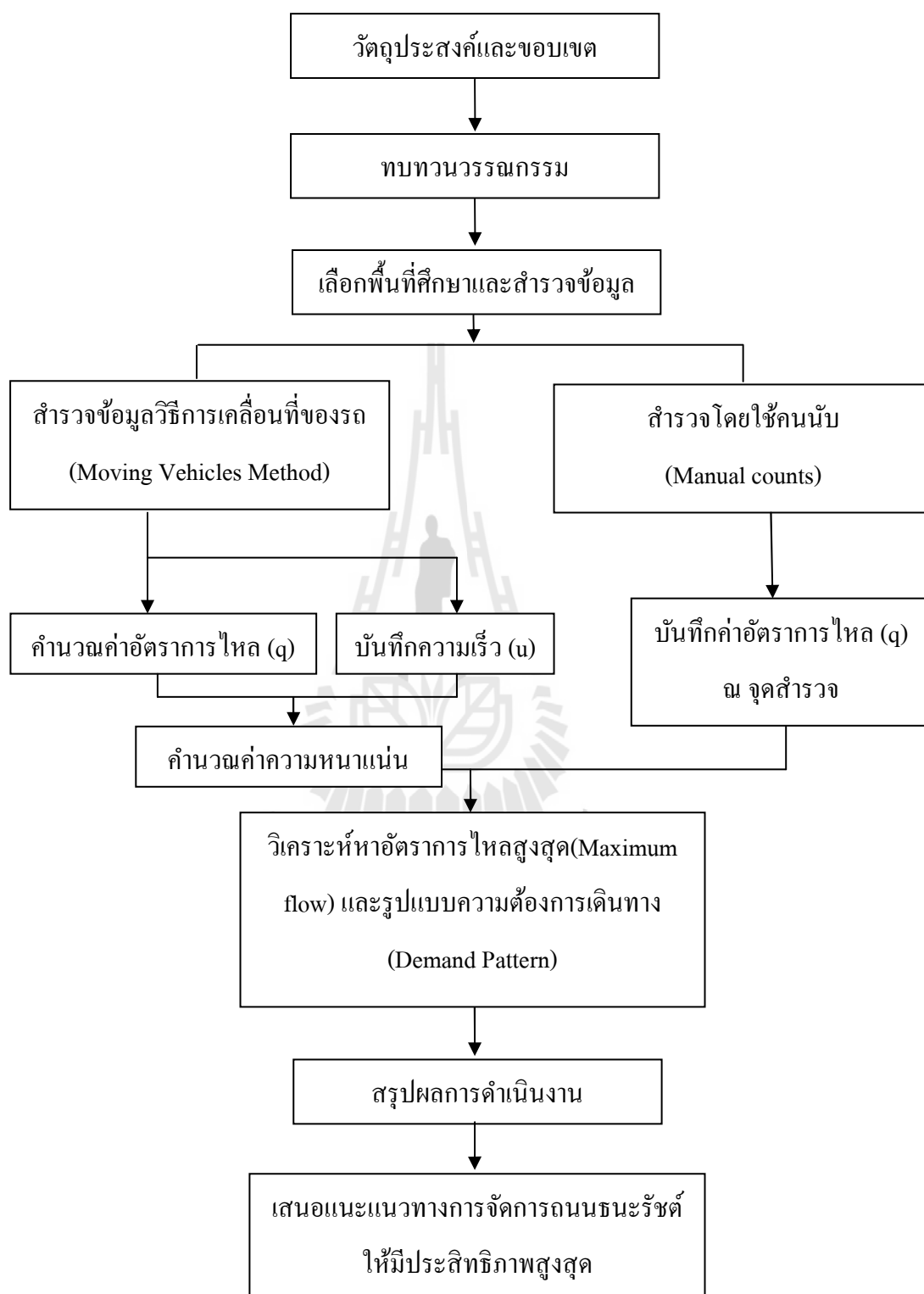
รูปที่ 3.9 จุดที่ 4 ที่สำรวจและเก็บข้อมูลปริมาณจราจรด้วยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ

3.1.4 คำนวณอัตราการไหลจากสมการที่ 2-17 บันทึกค่าความเร็วที่ได้จากการสำรวจ และ คำนวณค่าความหนาแน่น รวมทั้งตรวจสอบค่าอัตราการไหลที่ได้จากการสำรวจโดยใช้คนนับ จากนั้นทำการกรอกข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการคำนวณผล จากข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ผลในลำดับต่อไป

3.1.5 นำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ หาอัตราการไหลสูงสุด(Maximum flow) ของถนน แต่ละช่วง ตลอดจนความเหมาะสมของแบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ ที่ใช้ในการ วิเคราะห์ถนนที่มีลักษณะทางกายภาพแตกต่างกัน และรูปแบบความต้องการเดินทาง (Demand Pattern) ในวันธรรมดาและวันหยุดบนถนนที่ทำการศึกษา

3.1.6 สร้างแผนภาพความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (Speed) และอัตราการไหล (Flow) ของแบบจำลองกระแสจราจรรูปแบบต่าง ๆ บนถนนในวันธรรมดาและวันหยุด และสร้าง แผนภาพรูปแบบความต้องการเดินทาง (Demand Pattern) บนถนนในวันหยุด

3.1.7 สรุปผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป จากขั้นตอนการศึกษาวิจัย สามารถสร้างแผนการศึกษาได้ดังรูปที่ 3.10 ดังนี้



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการดำเนินการ

บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (Speed) และอัตราการไหล (Flow) แล้วเปรียบเทียบกับแบบจำลองทางวิศวกรรม เพื่อคำนวณการรองรับความจุ (Capacity) ของถนนในระดับที่สามารถรองรับอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ของกระแสจราจรในแต่ละช่วงของถนนที่ทำการศึกษา และรูปแบบความต้องการเดินทางบนถนนที่ทำการศึกษา สามารถแบ่ง การวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method) เพื่อคำนวณการรองรับความจุ (Capacity) ของถนนที่สามารถรองรับอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ของถนนในพื้นที่ศึกษา และการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ (Manual counts) เพื่อศึกษารูปแบบความต้องการเดินทาง (Demand Pattern) บนถนนที่ทำการศึกษา

4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลภาคสนามโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method) จะได้ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้ คือ

1. จำนวนรถที่เล่นสวนทางกับรถผู้สำรวจ
2. จำนวนรถที่เล่นแซงรถผู้สำรวจ
3. จำนวนรถที่ถูกรถผู้สำรวจแซง
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางจากตำแหน่งเริ่มต้นถึงจุดปลายทาง

แล้วนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากภาคสนามมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาอัตราการไหล (Flow)

ปริมาณรถหรืออัตราการไหลใน 1 ชั่วโมงสามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 2-17 และนำค่าอัตราการไหลซึ่งคำนวณได้ กับข้อมูลความเร็วแบบ Space mean speed มาคำนวณหาค่าความหนาแน่น โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังที่แสดงในตารางที่ 4.1 – 4.5

4.1.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ย

ระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยของปริมาณการจราจรทั้งหมด สามารถคำนวณหาได้จากสมการที่ 2-18 และนำค่าระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ยมาคำนวณหาความเร็วเฉลี่ยในการเดินทาง (Space- mean speed) โดยได้ผลการวิเคราะห์ดังที่แสดงในตารางที่ 4.1 – 4.5

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 1 ที่กิโลเมตรที่ 0 – 4 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

กิโลเมตรที่ 0 – 4 ที่ถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density, k(veh/km/ln)
375	190	75.9	4.94
425	197	73.1	5.81
520	197	73.0	7.13
441	192	74.9	5.89
545	190	75.8	7.19
450	192	75.0	6.00
535	200	71.9	7.44
480	191	75.3	6.38
กิโลเมตรที่ 0 – 4 ที่ถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density, k(veh/km/ln)
275	147	97.8	2.81
270	173	83.1	3.25
240	165	87.3	2.75
275	154	93.6	2.94
265	160	90.2	2.94
354	185	77.8	4.55
325	174	82.5	3.94
350	190	75.7	4.63

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 1 ที่กิโลเมตรที่ 0 – 4 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ
(Moving Vehicles Method) (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 0 – 4 ที่สถานีขนส่งผู้โดยสารกรุงเทพ (วันหยุด)			
Flow, q	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density, k (veh/km/ln)
380	171	84.4	4.50
485	176	81.7	5.94
565	190	76.0	7.44
660	232	62.1	10.63
610	189	76.3	8.00
640	188	76.4	8.38
565	186	77.3	7.31
475	172	83.5	5.69
กิโลเมตรที่ 0 – 4 ที่สถานีขนส่งผู้โดยสารกรุงเทพ (วันธรรมดา)			
Flow, q	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density, k (veh/km/ln)
355	170	84.8	4.19
345	170	84.9	4.06
342	125	115.0	2.98
345	185	77.7	4.44
240	165	87.3	2.75
402	116	124.7	3.23
285	167	86.0	3.31
270	160	90.0	3.00

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 2 ที่กิโลเมตรที่ 4 – 8 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ
(Moving Vehicles Method)

กิโลเมตรที่ 4 – 8 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)			
Flow, q	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
280	186	77.2	3.63
279	199	72.2	3.86
395	185	78.0	5.06
416	227	63.4	6.55
373	190	75.9	4.91
463	232	62.0	7.46
454	232	62.0	7.32
484	233	61.9	7.81
กิโลเมตรที่ 4 – 8 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)			
Flow, q	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
220	131	110.0	2.00
257	219	65.8	3.91
165	158	91.0	1.81
180	180	80.0	2.25
240	203	71.1	3.38
245	202	71.3	3.44
234	203	70.9	3.30
180	170	84.7	2.13

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 2 ที่กิโลเมตรที่ 4 – 8 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ
(Moving Vehicles Method) (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 4 – 8 ทิสสุทธานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันหยุด)			
Flow, q	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
340	185	77.7	4.38
429	223	64.5	6.64
565	190	76.0	7.44
514	184	78.5	6.55
591	237	60.8	9.73
544	197	73.3	7.43
309	168	85.5	3.61
251	219	65.9	3.81
กิโลเมตรที่ 4 – 8 ทิสสุทธานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันธรรมดา)			
Flow, q	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
270	167	86.4	3.13
291	186	77.3	3.77
230	157	92.0	2.50
270	127	113.7	2.38
325	180	80.0	4.06
355	185	77.8	4.56
294	126	114.2	2.58
366	130	110.9	3.30

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 3 ที่กิโลเมตรที่ 8 – 12 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ
(Moving Vehicles Method)

กิโลเมตรที่ 8 – 12 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
334	169	85.1	3.93
510	187	77.0	6.63
520	187	77.0	6.75
986	244	59.1	16.68
750	235	61.2	12.25
870	236	61.1	14.25
1029	244	59.1	17.39
593	234	61.6	9.63
กิโลเมตรที่ 8 – 12 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
290	180	80.0	3.63
336	120	120.0	2.80
470	180	80.0	5.88
520	194	74.3	7.00
274	154	93.7	2.93
432	120	120.0	3.60
390	138	104.0	3.75
500	194	74.1	6.75

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 3 ที่กิโลเมตรที่ 8 – 12 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ
(Moving Vehicles Method) (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 8 – 12 ที่สถานีแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันหยุด)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
471	202	71.4	6.61
660	185	77.6	8.50
880	192	74.9	11.75
951	195	73.8	12.89
1193	246	58.5	20.38
938	244	59.1	15.88
737	190	75.9	9.71
848	236	61.1	13.88
กิโลเมตรที่ 8 – 12 ที่สถานีแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันธรรมดา)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
440	155	92.6	4.75
576	168	86.0	6.70
450	156	92.3	4.88
410	145	99.4	4.13
369	201	71.7	5.14
552	160	89.8	6.15
520	205	70.1	7.42
460	157	92.0	5.00

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 4 ที่กิโลเมตรที่ 12 – 16 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ
(Moving Vehicles Method)

กิโลเมตรที่ 12 – 16 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
223	148	97.5	2.29
323	191	75.3	4.28
680	256	56.3	12.08
390	249	57.8	6.75
587	275	52.3	11.22
675	251	57.4	11.75
840	266	54.2	15.50
440	232	62.1	7.08
กิโลเมตรที่ 12 – 16 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
309	157	91.9	3.36
249	226	63.9	3.89
218	190	75.7	2.88
317	191	75.3	4.21
310	157	91.9	3.38
345	219	65.7	5.25
249	194	74.0	3.36
340	180	80.0	4.25

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 4 ที่กิโลเมตรที่ 12 – 16 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ
(Moving Vehicles Method) (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 12 – 16 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันหยุด)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
523	247	58.3	8.96
428	266	54.1	7.91
840	309	46.7	18.00
1044	360	40.0	26.10
780	245	58.9	13.25
990	251	57.4	17.25
698	235	61.3	11.38
527	266	54.2	9.72
กิโลเมตรที่ 12 – 16 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันธรรมดา)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
291	191	75.6	3.86
283	155	93.2	3.04
203	187	77.1	2.63
163	152	95.0	1.71
230	149	96.8	2.38
263	199	72.4	3.63
446	216	66.7	6.68
280	154	93.3	3.00

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 5 ที่กิโลเมตรที่ 16 – 21 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ
(Moving Vehicles Method)

กิโลเมตรที่ 16 – 21 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
174	259	69.6	2.50
336	321	56.0	6.00
458	344	52.3	8.76
507	360	50.0	10.15
469	345	52.2	8.98
395	327	55.0	7.18
470	352	51.1	9.20
345	321	56.1	6.15
กิโลเมตรที่ 16 – 21 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
280	317	56.8	4.93
188	163	110.3	1.70
158	217	82.9	1.90
249	197	91.6	2.71
293	215	83.6	3.50
263	199	90.5	2.90
351	240	75.0	4.69
189	199	90.4	2.09

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถนนช่วงที่ 5 ที่กิโลเมตรที่ 16 – 21 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ
(Moving Vehicles Method) (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 16 – 21 ทิสสุทธานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันหยุด)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
330	289	62.3	5.30
354	310	58.0	6.10
376	300	60.0	6.27
480	323	55.8	8.60
856	300	60.0	14.27
655	436	41.2	15.88
575	373	48.3	11.90
535	386	46.6	11.48
กิโลเมตรที่ 16 – 21 ทิสสุทธานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันธรรมดา)			
Flow, q (veh/hr/ln)	average travel time, T (sec.)	space-mean speed, S (km/hr)	Density,k(veh/km/ln)
180	140	128.6	1.40
180	160	112.5	1.60
210	206	87.5	2.40
291	205	87.9	3.31
263	267	67.3	3.90
255	212	85.0	3.00
351	180	100.0	3.51
223	192	94.0	2.37

4.1.3 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาความเร็ว

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาความเร็วจากแบบจำลองกระแสจราจรในทฤษฎีต่าง ๆ สามารถทำการวิเคราะห์สมการถดถอย (Regression Analysis) เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของทฤษฎี Greenshields สมการที่ 2-2, ทฤษฎี Greenberg สมการที่ 2-10, ทฤษฎี Underwood สมการที่ 2-11, ทฤษฎี Northwestern สมการที่ 2-12 และสมการของ Edie โดยใช้ค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองต่างๆ ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถเปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับ

ความเร็วที่คำนวณจากข้อมูลที่เก็บจากภาคสนาม (ความเร็วที่ใช้จริงในพื้นที่ศึกษา) ได้แสดงในตารางที่ 4.6 – 4.10

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่ใช้จริงในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 1 ที่กิโลเมตรที่ 0 - 4

กิโลเมตรที่ 0 – 4 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
75.95	79.43	78.89	79.69	80.56	75.63	75.70
73.12	75.78	75.63	76.28	76.86	74.84	74.81
72.98	70.31	71.55	71.43	70.60	73.67	73.70
74.91	75.45	75.35	75.97	76.50	74.77	74.74
75.83	70.05	71.38	71.21	70.29	73.62	73.65
75.00	75.00	74.99	75.56	76.01	74.67	74.64
71.93	69.01	70.69	70.32	69.01	73.40	73.47
75.29	73.44	73.78	74.16	74.27	74.34	74.31
กิโลเมตรที่ 0 – 4 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
97.78	88.28	90.14	88.62	87.47	91.63	91.93
83.08	86.46	87.25	86.70	86.32	87.67	87.43
87.27	88.54	90.59	88.90	87.62	92.21	92.63
93.62	87.76	89.27	88.07	87.16	90.48	90.57
90.21	87.76	89.27	88.07	87.16	90.48	90.57
77.80	81.04	80.52	81.25	82.05	76.88	76.95
82.54	83.59	83.41	83.77	84.21	81.79	81.45
75.68	80.73	80.20	80.94	81.77	76.30	76.44

ตารางที่ 4.6 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่ใช้จริง
ในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 1 ที่กิโลเมตรที่ 0 – 4 (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 0 – 4 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
84.44	88.56	88.00	88.38	89.21	87.72	87.87
81.68	82.03	81.06	81.94	83.85	81.86	81.22
75.97	75.22	75.43	75.72	77.18	76.16	75.81
62.12	60.74	66.52	64.03	60.84	65.34	67.25
76.25	72.67	73.61	73.51	74.46	74.13	74.06
76.42	70.96	72.47	72.08	72.59	72.80	72.96
77.26	75.79	75.86	76.22	77.77	76.62	76.22
83.52	83.17	82.14	83.03	84.86	82.85	82.25
กิโลเมตรที่ 0 – 4 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
84.78	89.98	89.79	89.85	90.22	84.16	85.06
84.92	90.55	90.55	90.44	90.61	85.63	86.42
114.96	95.49	98.34	95.77	93.52	99.51	100.34
77.75	88.85	88.34	88.67	89.42	81.31	82.47
87.27	96.51	100.31	96.91	94.02	102.66	103.85
124.65	94.35	96.32	94.52	92.92	96.13	96.73
86.04	93.96	95.65	94.08	92.70	94.98	95.54
90.00	95.38	98.13	95.64	93.46	99.17	99.96

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่ใช้อยู่จริง
ในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 2 ที่กิโลเมตรที่ 4 - 8

กิโลเมตรที่ 4 – 8 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
77.24	84.90	76.43	76.54	77.46	78.09	78.36
72.22	83.93	75.12	75.44	76.63	77.05	77.04
78.02	78.91	69.41	69.96	71.71	71.86	71.26
63.43	72.69	63.99	63.74	64.44	65.92	65.78
75.93	79.54	70.05	70.63	72.38	72.49	71.91
62.01	68.90	61.26	60.21	59.55	62.54	63.02
62.05	69.49	61.67	60.75	60.34	63.06	63.43
61.92	67.45	60.30	58.91	57.63	61.29	62.05
กิโลเมตรที่ 4 – 8 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
110.00	91.67	88.92	84.72	81.95	91.72	92.50
65.75	83.71	74.83	75.18	76.43	64.61	64.93
91.03	92.45	90.98	85.72	82.31	94.93	96.55
80.00	90.63	86.44	83.41	81.42	87.61	87.66
71.11	85.94	77.93	77.74	78.30	71.28	70.99
71.27	85.68	77.54	77.44	78.09	70.47	70.23
70.91	86.25	78.40	78.11	78.54	72.27	71.91
84.71	91.15	87.64	84.06	81.69	89.64	90.01

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่ใช้อยู่จริง
ในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 2 ที่กิโลเมตรที่ 4 – 8 (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 4 – 8 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
77.71	89.13	82.75	83.67	85.42	76.22	76.11
64.52	78.83	70.22	71.93	75.39	71.43	71.36
75.97	75.22	66.83	68.22	71.29	69.82	70.07
78.47	79.24	70.62	72.36	75.83	71.61	71.51
60.77	64.80	58.76	58.54	58.54	65.39	67.01
73.27	75.26	66.86	68.26	71.33	69.84	70.09
85.54	92.62	88.54	88.06	88.08	77.91	78.31
65.90	91.68	86.87	86.86	87.41	77.46	77.68
กิโลเมตรที่ 4 – 8 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
86.40	94.81	92.84	90.94	89.52	95.30	95.26
77.35	91.89	87.23	87.12	87.56	85.63	85.70
92.00	97.65	99.53	94.81	91.11	105.74	106.67
113.68	98.21	101.07	95.60	91.39	107.97	109.30
80.00	90.55	84.97	85.43	86.55	81.53	81.85
77.81	88.28	81.49	82.63	84.71	75.03	75.91
114.17	97.31	98.65	94.33	90.93	104.43	105.16
110.91	94.01	91.21	89.88	89.02	92.56	92.48

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่ใช้จริง
ในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 3 ที่กิโลเมตรที่ 8 - 12

กิโลเมตรที่ 8 – 12 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
85.09	92.50	93.81	91.44	88.60	80.93	84.86
76.98	83.92	79.17	82.09	84.35	75.26	75.03
77.04	83.52	78.65	81.68	84.10	75.00	74.68
59.10	51.93	53.32	54.91	56.24	57.39	57.66
61.22	66.02	61.96	65.55	70.19	64.67	63.46
61.05	59.66	57.73	60.51	64.04	61.27	60.62
59.14	49.66	52.15	53.36	53.92	56.29	56.87
61.56	74.38	68.72	72.81	77.52	69.41	68.00
กิโลเมตรที่ 8 – 12 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
80.00	93.47	96.06	92.56	88.95	99.60	99.78
120.00	96.09	103.29	95.66	89.77	107.45	110.02
80.00	86.31	82.54	84.59	85.72	81.00	80.64
74.29	82.73	77.63	80.87	83.60	73.04	73.70
93.66	95.68	102.03	95.17	89.66	106.19	108.24
120.00	93.55	96.25	92.65	88.98	99.83	100.06
104.00	93.07	95.11	92.10	88.81	98.47	98.44
74.07	83.52	78.65	81.68	84.10	74.74	75.14

ตารางที่ 4.8 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่ใช้อยู่จริง
ในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 3 ที่กิโลเมตรที่ 8 – 12 (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 8 – 12 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
71.35	83.28	81.38	82.34	82.38	78.02	78.70
77.65	79.07	75.84	77.88	79.49	74.83	74.49
74.89	71.83	68.71	70.78	73.21	69.66	69.07
73.80	69.28	66.67	68.44	70.68	67.93	67.52
58.53	52.62	56.60	54.92	51.78	57.61	59.86
59.06	62.64	62.10	62.69	63.49	63.62	64.04
75.88	76.36	72.90	75.15	77.32	72.86	72.25
61.08	67.10	65.06	66.49	68.39	66.48	66.29
กิโลเมตรที่ 8 – 12 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
92.63	87.42	88.64	86.96	84.58	91.06	91.35
85.97	83.08	81.07	82.11	82.25	79.11	79.39
92.31	87.14	88.07	86.64	84.45	90.25	90.45
99.39	88.81	91.74	88.57	85.17	95.27	96.26
71.67	86.55	86.89	85.96	84.17	88.52	88.59
89.76	84.30	82.96	83.45	82.98	82.31	82.37
70.11	81.48	78.84	80.40	81.22	75.12	75.85
92.00	86.86	87.51	86.32	84.32	89.44	89.57

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่ใช้อยู่จริง
ในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 4 ที่กิโลเมตรที่ 12 - 16

กิโลเมตรที่ 12 – 16 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
97.50	81.71	88.28	82.14	77.10	81.49	91.09
75.33	76.23	75.10	75.83	74.89	75.29	77.05
56.28	54.77	53.31	55.51	56.39	55.28	53.85
57.78	69.44	65.54	68.70	70.49	68.28	66.87
52.28	57.14	54.86	57.45	58.96	57.20	55.50
57.45	55.69	53.90	56.25	57.39	56.02	54.48
54.19	45.38	48.08	48.41	45.73	48.28	48.28
62.12	68.52	64.53	67.79	69.77	67.39	65.79
กิโลเมตรที่ 12 – 16 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
91.91	78.77	80.21	78.69	76.07	80.01	80.31
63.85	77.29	77.10	77.02	75.42	76.17	76.37
75.65	80.09	83.46	80.22	76.58	83.63	84.43
75.25	76.41	75.43	76.04	74.98	73.96	74.26
91.85	78.72	80.09	78.63	76.05	79.88	80.17
65.71	73.56	70.82	72.95	73.37	67.26	68.41
74.04	78.77	80.21	78.69	76.07	80.01	80.31
80.00	76.31	75.25	75.93	74.93	73.72	74.03

ตารางที่ 4.9 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่ใช้อยู่จริง
ในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 4 ที่กิโลเมตรที่ 12 – 16 (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 12 - 16 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
58.33	68.28	61.28	66.75	70.29	58.67	58.31
54.07	70.61	63.80	69.15	71.73	59.83	59.80
46.67	48.40	47.34	49.39	53.33	49.66	50.04
40.00	30.58	39.91	37.71	35.57	42.77	45.63
58.87	58.85	53.47	57.87	63.10	54.21	53.67
57.39	50.05	48.19	50.64	54.95	50.35	50.54
61.32	62.98	56.52	61.60	66.49	56.12	55.48
54.17	66.61	59.66	65.09	69.17	57.86	57.35
กิโลเมตรที่ 12 – 16 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
75.56	79.51	78.15	79.14	75.71	79.93	78.82
93.18	81.32	82.94	81.34	76.20	85.11	84.46
77.14	82.23	85.85	82.46	76.40	87.83	87.88
95.00	84.23	94.37	85.00	76.74	94.16	97.92
96.84	82.78	87.85	83.15	76.51	89.52	90.24
72.41	80.03	79.39	79.76	75.86	81.37	80.28
66.74	73.31	67.17	72.04	73.20	64.43	65.89
93.33	81.40	83.18	81.44	76.22	85.35	84.73

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่ใช้จริง
ในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 5 ที่กิโลเมตรที่ 16 - 21

กิโลเมตรที่ 16 - 21 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
69.60	86.11	85.51	84.44	82.75	67.14	69.11
56.00	66.67	61.00	63.08	68.86	58.17	57.11
52.28	51.31	50.39	50.10	53.53	51.95	51.91
50.00	43.64	46.29	44.65	45.56	49.09	49.91
52.23	50.10	49.70	49.20	52.27	51.49	51.58
54.99	60.09	55.96	57.16	62.54	55.42	54.64
51.09	48.89	49.03	48.31	51.00	51.03	51.25
56.10	65.83	60.31	62.30	68.09	57.82	56.77
กิโลเมตรที่ 16 – 21 ทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
56.76	72.59	66.48	68.94	74.00	65.56	68.01
110.29	90.56	96.31	90.26	84.48	100.03	101.14
82.89	89.44	93.20	88.77	84.10	97.45	97.68
91.58	84.92	83.21	82.95	82.18	87.61	86.59
83.57	80.56	76.09	77.69	79.74	79.06	78.68
90.52	83.89	81.36	81.67	81.65	85.51	84.53
75.00	73.97	67.92	70.38	75.10	67.72	69.61
90.41	88.41	90.59	87.41	83.72	95.11	94.78

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบความเร็วที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ กับความเร็วที่แท้จริง
ในพื้นที่ศึกษาของถนนช่วงที่ 5 ที่กิโลเมตรที่ 16 – 21 (ต่อ)

กิโลเมตรที่ 16 - 21 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันหยุด)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
62.26	79.27	73.09	75.39	78.01	60.57	61.32
58.03	75.68	68.73	71.72	75.58	59.31	59.49
60.00	74.91	67.86	70.95	75.02	59.04	59.12
55.81	64.49	58.08	61.34	66.52	55.51	55.00
60.00	39.08	42.38	43.03	42.39	47.78	48.38
41.24	31.87	39.06	38.91	35.82	45.79	46.98
48.32	49.71	48.01	49.91	52.60	50.87	50.75
46.59	51.57	49.12	51.23	54.41	51.44	51.22
กิโลเมตรที่ 16 – 21 ทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ (วันธรรมดา)						
ความเร็ว	Greenshields	Greenberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
128.57	96.73	114.36	96.20	85.42	117.84	120.93
112.50	95.83	110.22	95.01	85.24	113.73	115.20
87.50	92.25	97.65	90.37	84.30	98.69	97.80
87.93	88.16	87.64	85.35	82.78	83.92	83.94
67.31	85.53	82.60	82.29	81.58	75.64	76.96
85.00	89.57	90.73	87.05	83.35	88.73	88.22
100.00	87.26	85.82	84.29	82.39	80.99	81.43
93.98	92.38	98.02	90.54	84.34	99.19	98.31

4.1.4 การวิเคราะห์ Goodness of Fit

ทำการวิเคราะห์คำนวณหาค่า R^2 จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (u) กับความหนาแน่น (k) ของแบบจำลอง Greenshields, Greenberg, Underwood, Northwestern และ Edie เพื่อให้ทราบความเหมาะสมและประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบจำลองต่าง ๆ โดยการแปลงความสัมพันธ์ให้อยู่ในรูปสมการเชิงเส้น ซึ่งจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้ค่า R^2 ของแบบจำลองต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ค่า R^2 ของแบบจำลองต่าง ๆ

ถนนช่วงที่ 1 และ 2 เป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร							
ช่วงถนน	u	R^2					
		Greenshields	Greeberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
M-K-S 1	72-76	0.256	0.252	0.257	0.26	0.257	0.252
M-K-W 1	76-98	0.766	0.772	0.79	0.783	0.79	0.772
K-M-S 1	62-84	0.912	0.832	0.888	0.946	0.888	0.832
K-M-W 1	78-125	0.255	0.234	0.287	0.306	0.287	0.234
M-K-S 2	62-78	0.8	0.755	0.812	0.838	0.812	0.755
M-K-W 2	66-110	0.7	0.712	0.766	0.748	0.766	0.712
K-M-S 2	61-86	0.275	0.239	0.274	0.313	0.274	0.239
K-M-W 2	77-114	0.567	0.568	0.593	0.583	0.593	0.568
ถนนช่วงที่ 3, 4 และ 5 เป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร							
ช่วงถนน	u	R^2					
		Greenshields	Greeberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
M-K-S 3	59-85	0.827	0.915	0.838	0.723	0.838	0.915
M-K-W 3	74-120	0.567	0.568	0.607	0.598	0.607	0.568
K-M-S 3	59-78	0.632	0.553	0.644	0.661	0.644	0.553
K-M-W 3	70-99	0.424	0.429	0.404	0.404	0.404	0.429
M-K-S 4	52-98	0.674	0.877	0.712	0.525	0.712	0.877
M-K-W 4	64-92	0.25	0.231	0.26	0.272	0.26	0.231
K-M-S 4	40-61	0.584	0.457	0.619	0.71	0.619	0.457
K-M-W 4	67-97	0.587	0.612	0.617	0.551	0.617	0.612
M-K-S 5	50-70	0.921	0.99	0.943	0.836	0.943	0.99
M-K-W 5	57-110	0.693	0.659	0.7	0.734	0.7	0.659
K-M-S 5	41-62	0.495	0.512	0.505	0.485	0.505	0.512
K-M-W 5	67-129	0.68	0.731	0.672	0.634	0.672	0.731

หมายเหตุ M คือถนนมิตรภาพ K คืออุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ S คือวันหยุด W คือวันธรรมดา

หมายเลข คือช่วงถนน

ซึ่งพบว่าค่า R^2 ของแบบจำลอง Underwood กับ Edie-Low มีค่าเท่ากันและ แบบจำลอง Greenberg กับ Edie-Jam มีค่าเท่ากัน เนื่องจากสมการแบบจำลองของ Edie-Low และ Edie-Jam เป็นสมการที่มีค่าคงที่ที่กำหนดมาแล้ว แต่ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการหาค่าพารามิเตอร์ใหม่ และรูปสมการของแบบจำลอง Edie-Low เหมือนกับรูปสมการของแบบจำลอง Underwood ส่วนรูปสมการของแบบจำลอง Edie-Jam เหมือนกับรูปสมการของแบบจำลอง Greenberg จึงได้ค่า R^2 เท่ากัน

4.1.5 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow)

อัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) สามารถคำนวณหาได้จากการแทนค่าความหนาแน่นที่เหมาะสม (k_0) ในสมการที่ 2-2, 2-10, 2-11, 2-12 และสมการของ Edie ที่ทราบค่าพารามิเตอร์ (จากการทำ Regression) จะทำให้ทราบค่าความเร็วที่เหมาะสม (u_0) ของแบบจำลองต่าง ๆ จึงสามารถคำนวณหาอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ได้จากสมการที่ 2-9 ดังที่แสดงค่าอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ของแบบจำลองต่าง ๆ ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ค่าอัตราการไหลสูงสุด (Maximum flow) ที่คำนวณได้ของแบบจำลองต่าง ๆ

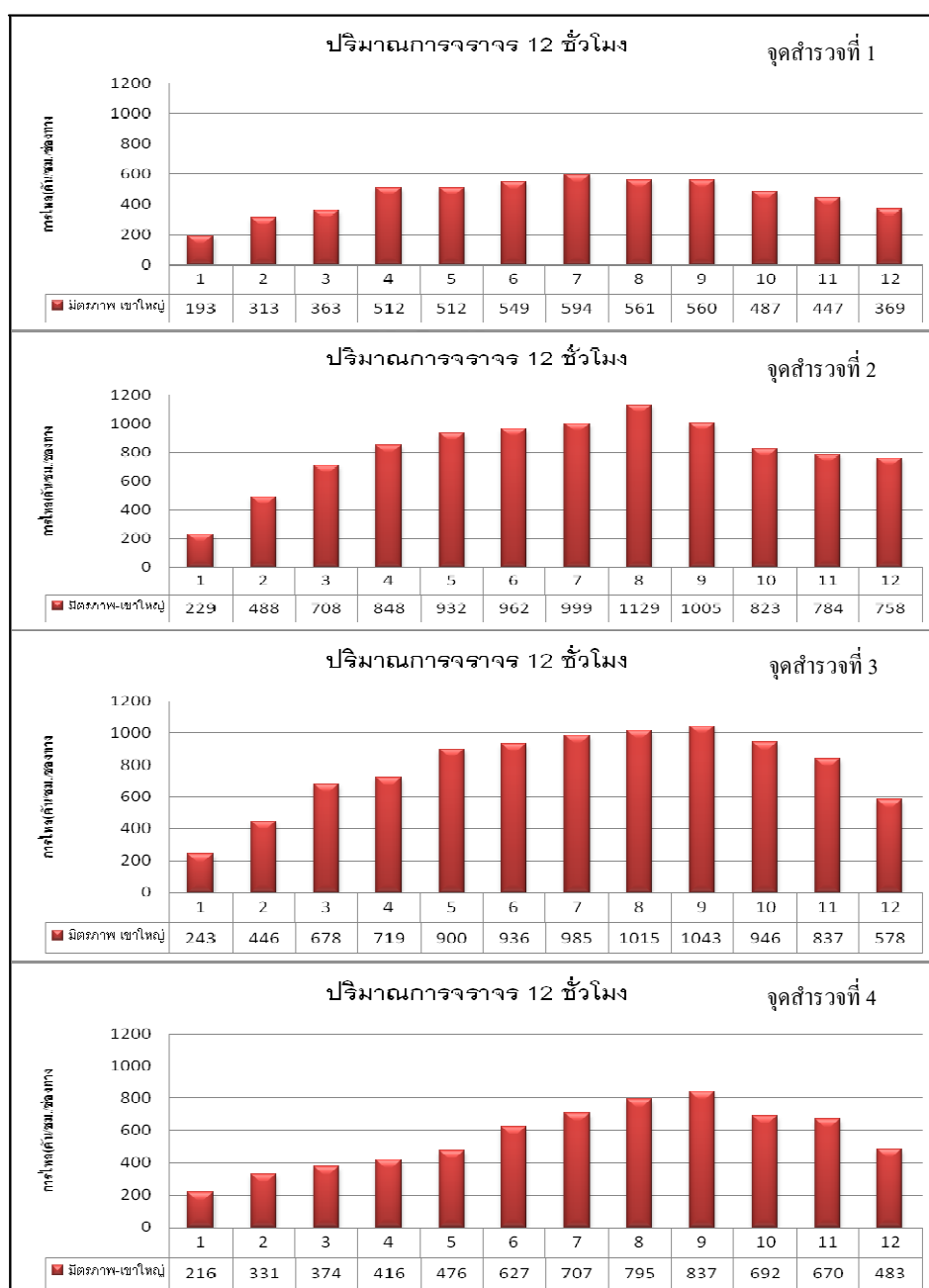
ถนนช่วงที่ 1 และ 2 เป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร							
ช่วงถนน	u	q_{max}					
		Greenshields	Greeberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
M-K-S 1	72-76	1810	1510	5403	1824	5403	1510
M-K-W 1	76-98	391	401	1064	657	1064	401
K-M-S 1	62-84	747	565	1954	1201	1954	565
K-M-W 1	78-125	372	379	1001	647	1001	379
M-K-S 2	62-78	535	458	1399	853	1399	458
M-K-W 2	66-110	249	261	649	437	649	261
K-M-S 2	61-86	887	764	2475	1203	2475	764
K-M-W 2	77-114	339	340	900	603	900	340
ถนนช่วงที่ 3, 4 และ 5 เป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจร							
ช่วงถนน	u	q_{max}					
		Greenshields	Greeberg	Underwood	Northwestern	Edie-Low	Edie-Jam
M-K-S 3	59-85	1034	597	2762	1710	2762	597
M-K-W 3	74-120	512	457	1372	900	1372	457
K-M-S 3	59-78	1299	691	3394	2019	3394	691
K-M-W 3	70-99	594	501	1587	1005	1587	501
M-K-S 4	52-98	707	465	1861	1259	1861	465
M-K-W 4	64-92	387	393	1024	633	1024	393
K-M-S 4	40-61	1234	582	2924	1795	2924	582
K-M-W 4	67-97	445	444	1208	762	1208	444
M-K-S 5	50-70	553	448	1440	863	1440	448
M-K-W 5	57-110	329	354	849	554	849	354
K-M-S 5	41-62	845	497	2057	1243	2057	497
K-M-W 5	67-129	292	320	786	516	786	320

หมายเหตุ M คือถนนมิตรภาพ K คืออุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ S คือวันหยุด W คือวันธรรมดา

หมายเลข คือช่วงถนน

4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ (Manual counts)

สำหรับข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูลโดยวิธีการสำรวจโดยใช้คนนับ (Manual counts) ในวันเสาร์จะได้ข้อมูลอัตราการไหลของปริมาณจราจรตลอด 12 ชั่วโมงใน 1 วัน โดยทำการเก็บข้อมูลเวลา 07.00 – 19.00 น. และทราบรูปแบบความต้องการเดินทาง (Demand Pattern) บนถนนที่เป็นพื้นที่ศึกษาว่ามีความต้องการเดินทางสูงในช่วงเวลาใด ดังแสดงในรูปที่ 4.1 และ 4.2



รูปที่ 4.1 ความต้องการเดินทางในทิศถนนมิตรภาพมุ่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่



รูปที่ 4.2 ความต้องการเดินทางในทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพ

โดยจากรูปที่ 4.1 และ 4.2 จะแสดงให้เห็นว่ามีความต้องการเดินทางบนถนนระยะรัฐสูงในช่วงชั่วโมงที่ 7 - 11 คือในช่วงเวลา 13.00 – 18.00 น.

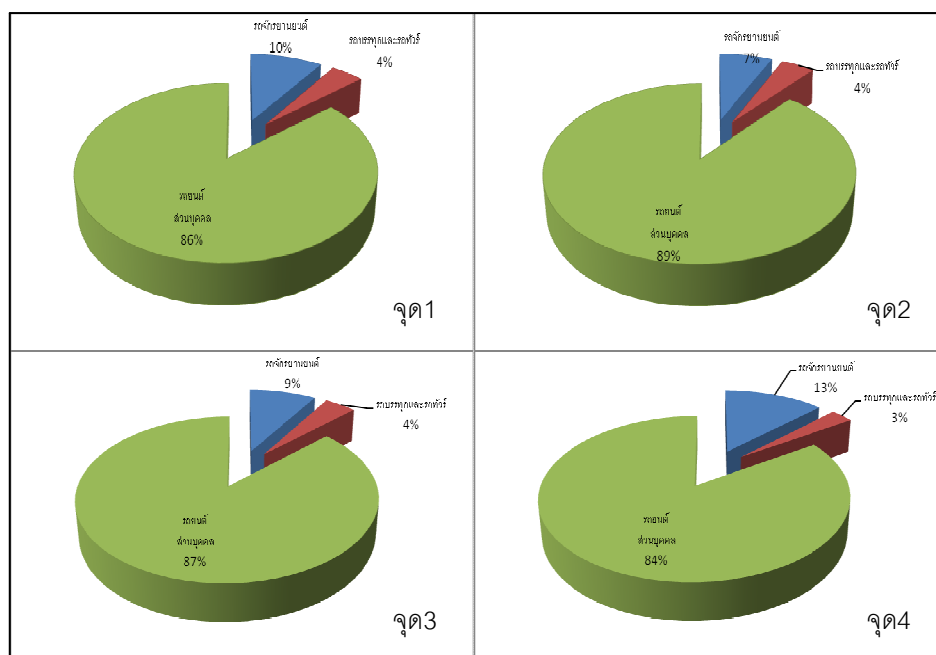
รูปแบบความต้องการเดินทางที่ได้จากข้อมูลอัตราการไหลของปริมาณจราจรตลอด 12 ชั่วโมงใน 1 วัน โดยทำการเก็บข้อมูลเวลา 07.00 – 19.00 น. พบว่าทิศถนนมิตรภาพมุ่งสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งถนนมิตรภาพมีความต้องการเดินทาง

คล้ายคลึงกัน โดยในช่วงเวลา 10.00 - 16.00 น. มีความต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจที่ 2 และจุดสำรวจที่ 3 สูงถึง 719 – 1129 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร เนื่องจากช่วงถนนที่เชื่อมระหว่างจุดสำรวจที่ 2 ถึงจุดสำรวจที่ 3 มีรีสอร์ท ร้านอาหารและสถานที่ท่องเที่ยวตั้งอยู่หลายแห่ง ประกอบกับมีสถานที่ท่องเที่ยวที่ได้รับความนิยมอย่างปาลิโอ หรือเส้นทางเข้าแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติอย่างแหล่งน้ำผุดตั้งอยู่ไม่ไกลจากจุดสำรวจที่ 3 เท่าใดนัก จึงทำให้มีปริมาณจราจรที่ต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจทั้ง 2 ในช่วงเวลาดังกล่าวสูงกว่าจุดสำรวจที่ 1 และจุดสำรวจที่ 4 ในขณะที่จุดสำรวจที่ 1 มีปริมาณจราจรที่ต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจทุกช่วงเวลาใกล้เคียงกัน เนื่องจากช่วงถนนก่อนและหลังจุดสำรวจที่ 1 นั้นมีปริมาณรีสอร์ท ร้านค้า ร้านอาหาร และสถานที่ท่องเที่ยวตั้งอยู่ค่อนข้างเบาบางกว่าถนนช่วงอื่น ๆ จึงทำให้มีปริมาณจราจรที่ต้องการเดินทางผ่านบริเวณดังกล่าวไม่สูงมากนัก แต่สำหรับจุดสำรวจที่ 4 มีความต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจที่ 4 สูงในช่วงเวลา 12.00 – 18.00 น. สูง 627 – 837 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร เนื่องจากถนนช่วงก่อนและหลังจุดสำรวจที่ 4 มีโรงแรมและรีสอร์ทที่ได้รับความนิยมจากนักท่องเที่ยวตั้งอยู่หลายแห่ง ซึ่งอาจเป็นช่วงเวลาที่นักท่องเที่ยวที่พักและออกท่องเที่ยว

สัดส่วนของรถประเภทต่าง ๆ ณ จุดกิโลเมตรที่ 4, 8, 12, 16 ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 โดยรูปที่ 4.3 จะแสดงสัดส่วนของรถประเภทต่าง ๆ ณ จุดกิโลเมตรที่ 4, 8, 12, 16 ในทิศทางมุ่งสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ และรูปที่ 4.4 จะแสดงสัดส่วนของรถประเภทต่าง ๆ ณ จุดกิโลเมตรที่ 4, 8, 12 และ 16 ในทิศทางมุ่งสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

ตารางที่ 4.13 แสดงสัดส่วนรถประเภทต่าง ๆ ในทิศทางมุ่งสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

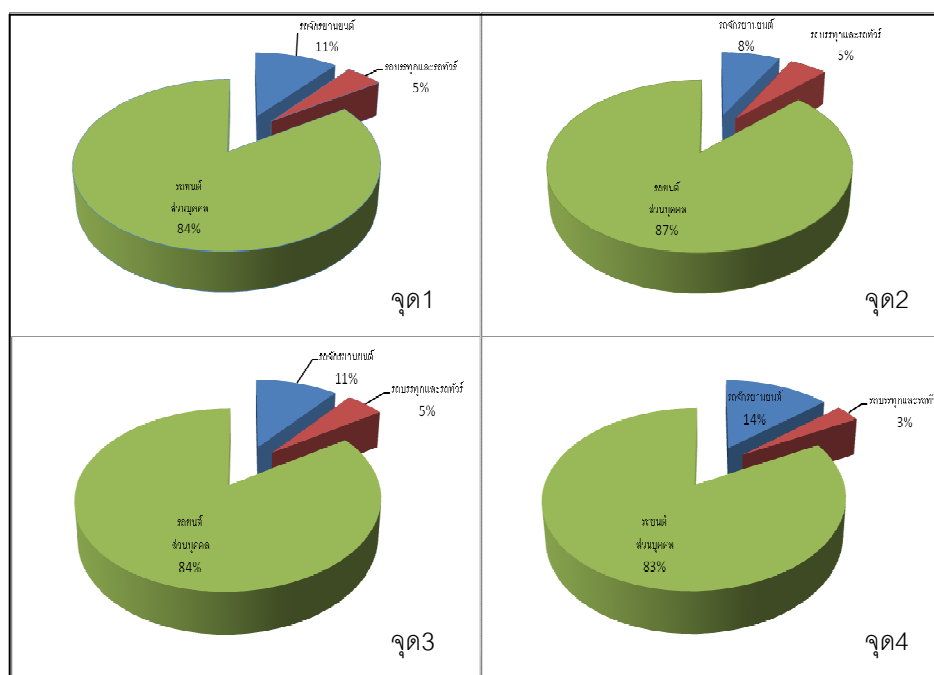
จุดสำรวจ	สัดส่วนรถประเภทต่าง ๆ ในทิศทางมุ่งสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (คิดเป็นร้อยละ)		
	รถจักรยานยนต์	รถบรรทุกและรถทัวร์	รถยนต์ส่วนบุคคล
จุดที่ 1 กิโลเมตรที่ 4	10	4	86
จุดที่ 2 กิโลเมตรที่ 8	7	4	89
จุดที่ 3 กิโลเมตรที่ 12	9	4	87
จุดที่ 4 กิโลเมตรที่ 16	13	3	84



รูปที่ 4.3 สัดส่วนของรถประเภทต่าง ๆ ณ จุดกิโลเมตรที่ 4, 8, 12, 16
ในทิศทางมุ่งสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

ตารางที่ 4.14 แสดงสัดส่วนรถประเภทต่าง ๆ ในทิศทางมุ่งสู่ถนนมิตรภาพ

จุดสำรวจ	สัดส่วนรถประเภทต่าง ๆ ในทิศทางมุ่งสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (คิดเป็นร้อยละ)		
	รถจักรยานยนต์	รถบรรทุกและรถตู้	รถยนต์ส่วนบุคคล
จุดที่ 1 กิโลเมตรที่ 4	11	5	84
จุดที่ 2 กิโลเมตรที่ 8	8	5	87
จุดที่ 3 กิโลเมตรที่ 12	11	5	84
จุดที่ 4 กิโลเมตรที่ 16	14	3	83



รูปที่ 4.4 สัดส่วนของรถประเภทต่าง ๆ ณ จุดกิโลเมตรที่ 4, 8, 12, 16
ในทิศทางมุ่งหน้าถนนมิตรภาพ



บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การสรุปผลการศึกษาในบทนี้จะบรรยายสรุปแยกตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยดังนี้

1. สรุปการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองต่าง ๆ และความเหมาะสมของแบบจำลองต่างๆ ในการวิเคราะห์กระแสจราจรบนถนนที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน
2. สรุปรูปแบบความต้องการเดินทางบนถนนในระดับ

5.1 บทสรุป

5.1.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความเหมาะสมของแบบจำลอง

การศึกษาด้านวิศวกรรมจราจร ระดับการให้บริการเป็นมาตรวัดในเชิงคุณภาพ (Qualitative Measure) ซึ่งบ่งบอกถึงคุณภาพในการให้บริการของถนน โดยแสดงเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ 6 ตัว ได้แก่ A, B, C, D, E และ F ค่าแต่ละค่าจะแสดงถึงลักษณะและสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน โดยระดับการให้บริการ A หรือ LOS A แสดงสภาพการจราจรที่ดีที่สุด และในทางตรงกันข้าม ระดับการให้บริการ F หรือ LOS F จะแสดงสภาพการจราจรที่ควรปรับปรุงที่สุด โครงสร้างพื้นฐานการจราจรประเภทต่าง ๆ มีตัวชี้วัด (Service Measure) ที่ใช้ในการกำหนดระดับการให้บริการแตกต่างกัน โดยทั่วไป ตัวชี้วัดที่ใช้กำหนดระดับการให้บริการของถนนจะอ้างอิงตาม Highway Capacity Manual ของสหรัฐอเมริกา ดังนี้

ตารางที่ 5.1 การไหลแบบไม่มีการกีดขวาง (Uninterrupted Flow)

ประเภทของถนน	ตัวชี้วัดที่ใช้กำหนด LOS
Two-lane highway	ความเร็ว (Speed) และ ร้อยละของเวลาที่ต้องขับตาม (percent time-spent-following)
Multilane highway	ความหนาแน่น (Density)
Freeway: Basic Segment	ความหนาแน่น (Density)
Freeway: Ramp	ความหนาแน่น (Density)
Freeway: Weaving	ความเร็ว (Speed)

ตารางที่ 5.2 การไหลแบบมีการกีดขวาง (Interrupted Flow)

ประเภทของถนน	ตัวชี้วัดที่ใช้กำหนด LOS
Urban street	ความเร็ว (Speed)
Signalized intersection	ความล่าช้า (Delay)
Unsignalized Intersection	ความล่าช้า (Delay)
Interchange ramp terminal	ความล่าช้า (Delay)

ในการศึกษานี้จึงใช้ความเร็ว (Speed) เป็นตัวชี้วัดที่ใช้ในการแบ่งระดับการให้บริการของถนน (Level of Service) เนื่องจากถนนที่ศึกษามีลักษณะทางกายภาพโดยรวมเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจรเป็นระยะทางมากกว่าช่วงถนนที่เป็น 4 ช่องจราจร ประกอบกับตลอดเส้นทางเป็นที่ตั้งของชุมชนและย่านธุรกิจท่องเที่ยวมากมาย รวมถึงเป็นที่ตั้งของวัดและหน่วยงานราชการต่าง ๆ

1) ถนนขนาด 4 ช่องจราจร

จากตารางที่ 4.12 สำหรับถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจร จะพบว่าในช่วงความเร็ว 72-76 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.260$ ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากความเร็วในช่วงนี้ใกล้เคียงความเร็วอิสระ และมีพิสัยของช่วงความเร็วค่อนข้างน้อย

ช่วงความเร็ว 76-98 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Underwood และ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.790$

ช่วงความเร็ว 62-84 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.946$

ช่วงความเร็ว 78-125 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.306$ ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากความเร็วในช่วงนี้มีพิสัยของช่วงความเร็วมากเพราะมีการจราจรเบาบาง

ช่วงความเร็ว 62-78 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.838$

ช่วงความเร็ว 66-110 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Underwood และ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.766$

ช่วงความเร็ว 61-86 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.313$ ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากจำนวนตัวอย่างน้อย

และช่วงความเร็ว 77-114 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Underwood และ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.593$

ในภาพรวมของถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 4 ช่องจราจรแบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด และแบบจำลองของ Underwood กับ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรรองลงมา แต่แบบจำลองของ Greenshields, Greenberg และ Edie-Jam ไม่เหมาะสมในการใช้วิเคราะห์กระแสจราจรบนถนนที่มีลักษณะทางกายภาพดังกล่าว

2) ถนนขนาด 2 ช่องจราจร

จากตารางที่ 4.12 สำหรับถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจรจะพบว่าในช่วงความเร็ว 59-85 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Greenberg และ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.915$

ช่วงความเร็ว 74-120 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Underwood และ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.607$

ช่วงความเร็ว 59-78 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.661$

ช่วงความเร็ว 70-99 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Greenberg และ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.429$

ช่วงความเร็ว 52-98 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Greenberg และ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.877$

ช่วงความเร็ว 64-92 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.272$ ซึ่งมีค่าค่อนข้างต่ำเนื่องจากความเร็วในช่วงนี้ใกล้เคียงความเร็วอิสระเพราะมีปริมาณการจราจรเบาบาง

ช่วงความเร็ว 40-61 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.710$

ช่วงความเร็ว 67-97 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Underwood และ Edie-Low มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.617$

ช่วงความเร็ว 50-70 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Greenberg และ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.990$

ช่วงความเร็ว 57-110 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Northwestern มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.734$

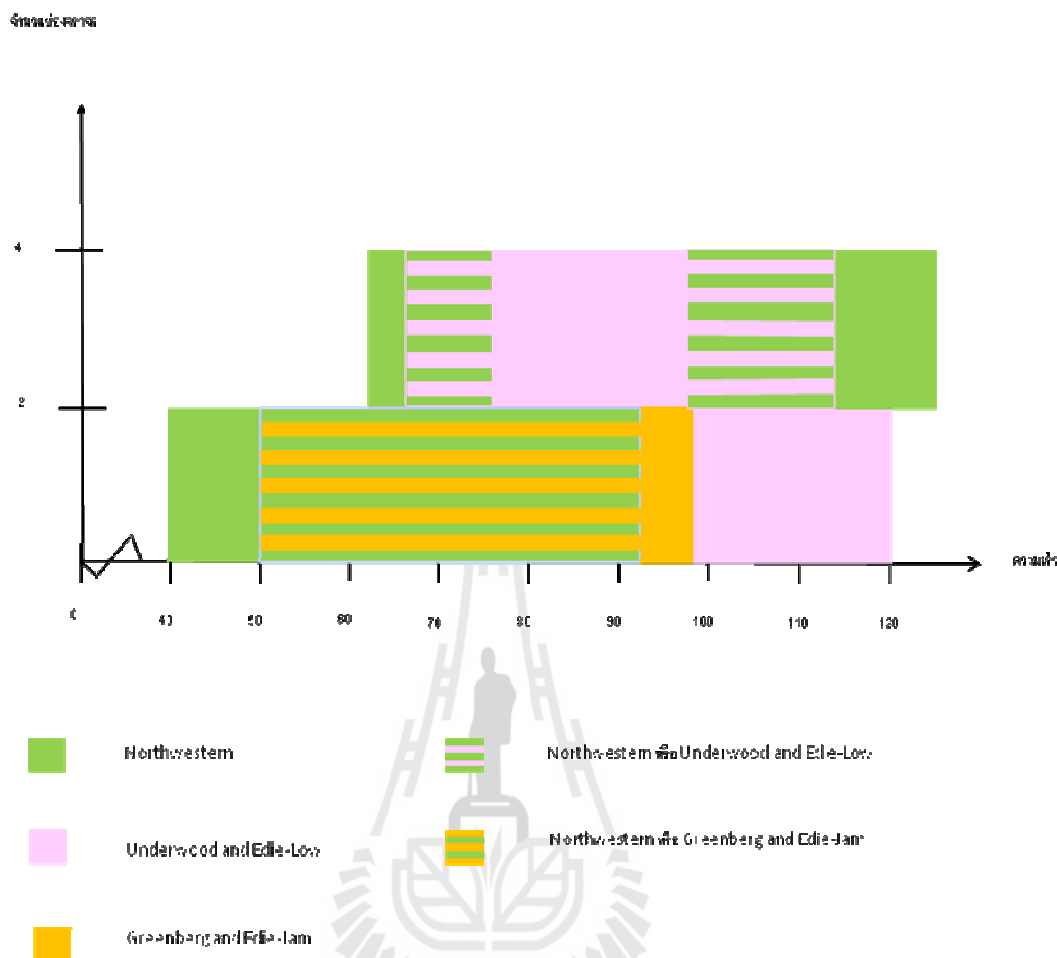
ช่วงความเร็ว 41-62 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Greenberg และ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.512$

และช่วงความเร็ว 67-129 กิโลเมตรต่อชั่วโมง แบบจำลองของ Greenberg และ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด โดยมีค่า $R^2 = 0.731$

ในภาพรวมของถนนที่มีลักษณะทางกายภาพเป็นถนนขนาด 2 ช่องจราจรแบบจำลองของ Greenberg กับ Edie-Jam มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรมากที่สุด รองลงมาคือแบบจำลองของ Northwestern และ Underwood กับ Edie-Low ตามลำดับ ที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจร และพบว่าแบบจำลองของ Greenshields ไม่มีประสิทธิภาพและไม่เหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจรทั้งบนถนน 2 และ 4 ช่องจราจร

จากรูปที่ 5.1 สามารถเลือกใช้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับลักษณะทางกายภาพของถนนได้ จากการเก็บข้อมูลความเร็วของถนนที่ต้องการศึกษาจากนั้นนำค่าความเร็วที่ได้มาพิจารณาเลือกใช้แบบจำลองจากแผนภูมิในรูปที่ 5.1 ได้





รูปที่ 5.1 แผนภูมิสำหรับใช้เลือกแบบจำลองที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.2 รูปแบบความต้องการเดินทางบนถนนถนนระดับ

1) ความต้องการเดินทางบนถนนถนนระดับสูงในช่วงชั่วโมงที่ 7 - 11 คือในช่วงเวลา 13.00 – 18.00 น.

2) รูปแบบความต้องการเดินทางจากข้อมูลอัตราการไหลของปริมาณจราจรตลอด 12 ชั่วโมงใน 1 วัน ถนนมิตรภาพมุ่งสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่และทิศอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่มุ่งสู่ถนนมิตรภาพมีความต้องการเดินทางคล้ายคลึงกันทุกจุดสำรวจ โดยในช่วงเวลา 10.00 - 16.00 น. มีความต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจที่ 2 และ จุดสำรวจที่ 3 สูงถึง 719 – 1129 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร ในขณะที่จุดสำรวจที่ 1 มีปริมาณจราจรที่ต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจทุกช่วงเวลาใกล้เคียงกัน แต่สำหรับจุดสำรวจที่ 4 มีความต้องการเดินทางผ่านบริเวณจุดสำรวจที่ 4 สูงในช่วงเวลา 12.00 – 18.00 น. สูง 627 – 837 คันต่อชั่วโมงต่อช่องจราจร

3) สัดส่วนของรถประเภทต่าง ๆ ณ จุดสำรวจกิโลเมตรที่ 4, 8, 12, 16 มีสัดส่วนของรถประเภทต่าง ๆ เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ดังนี้ คือ รถยนต์คิดเป็นร้อยละ 83-89 รถจักรยานยนต์คิดเป็นร้อยละ 7-14 และรถบรรทุกคิดเป็นร้อยละ 3-5

5.2 ข้อเสนอแนะ

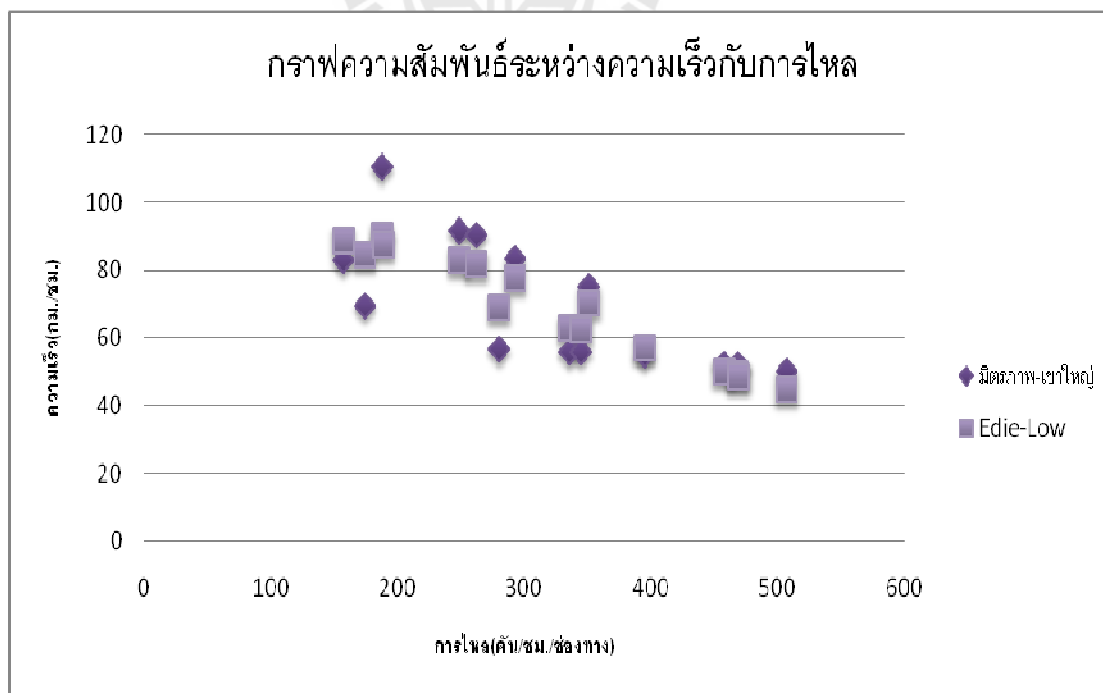
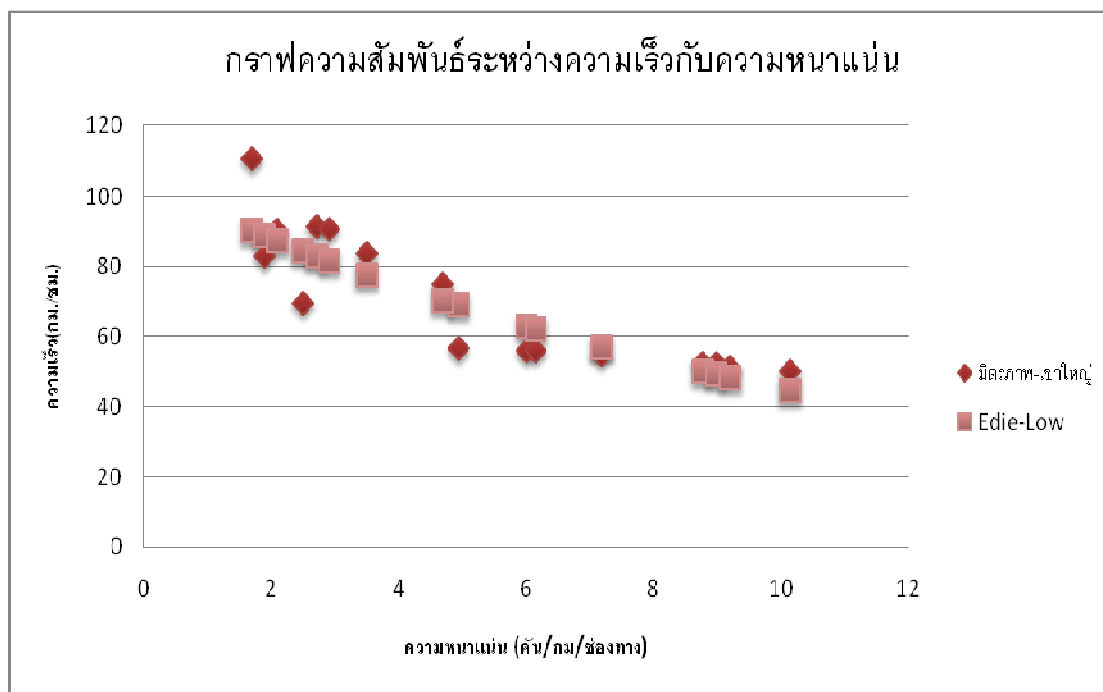
จากการศึกษาครั้งนี้ผู้ทำการศึกษาขอเสนอแนะข้อคิดเห็นต่าง ๆ ดังนี้

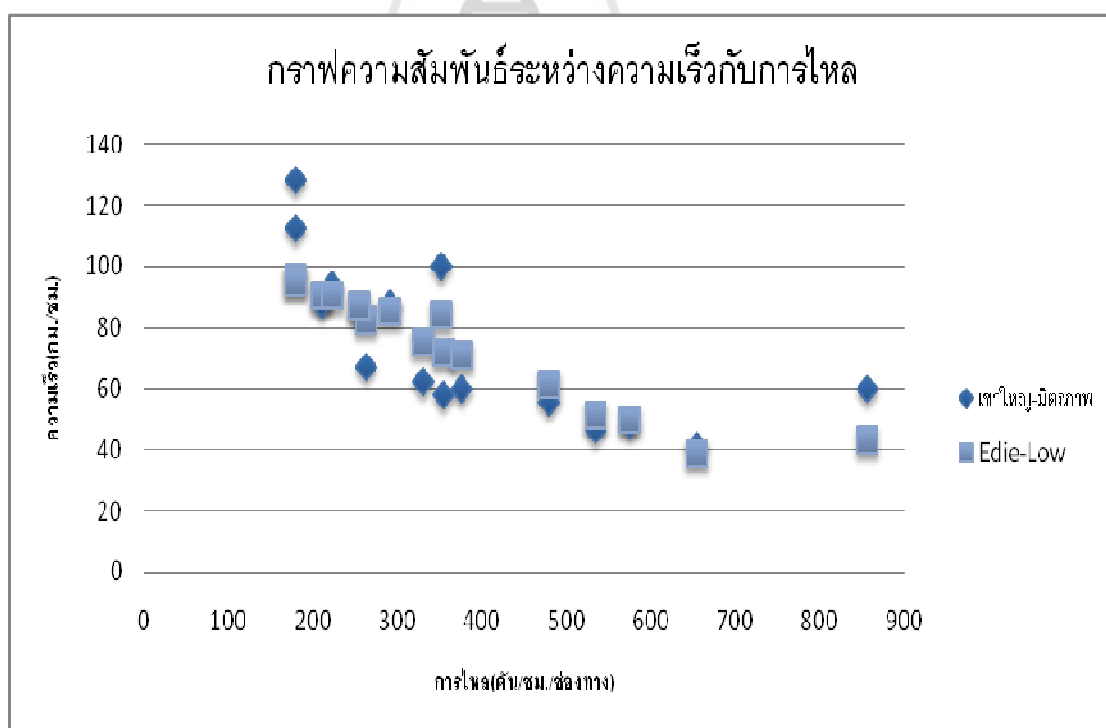
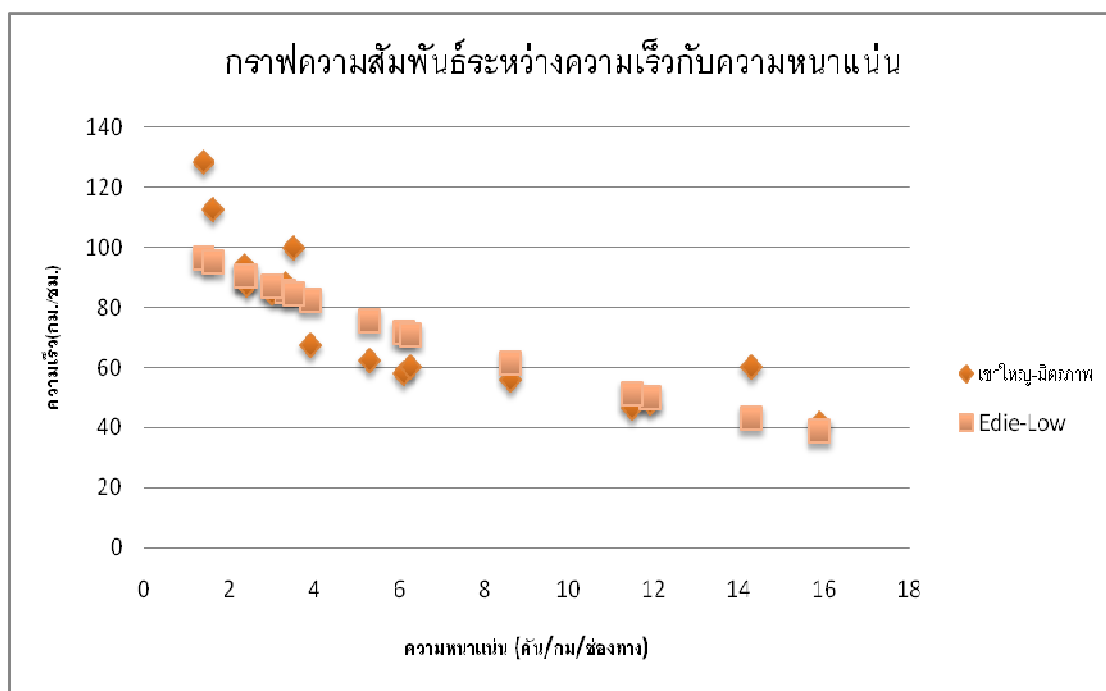
5.2.1 ควรใช้อุปกรณ์วัดความเร็ว เช่น ปืนเลเซอร์วัดความเร็วของกระแสจราจร เพื่อนำค่าความเร็วที่วัดได้มาทำการแปลง Time mean speed ให้เป็น Space mean speed ก่อนนำไปเลือกใช้แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการวิเคราะห์กระแสจราจร ณ ช่วงถนนที่ต้องการ

5.2.2 ควรมีการติดตั้งป้ายบอกสภาพจราจรแบบ Real Time โดยทำการแปลง Space mean speed เป็นความหนาแน่น (k) เพื่อใช้เป็นตัวชี้วัด เพื่อให้ผู้ขับขี่สามารถตัดสินใจเลือกที่จะหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีการจราจรหนาแน่นได้

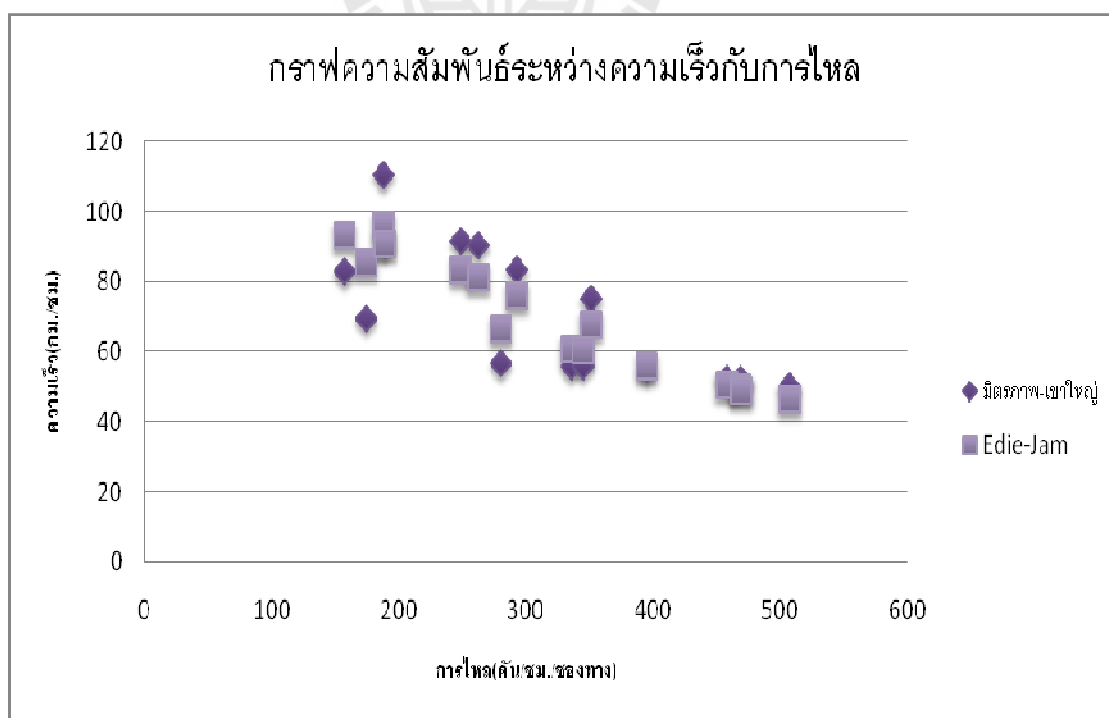
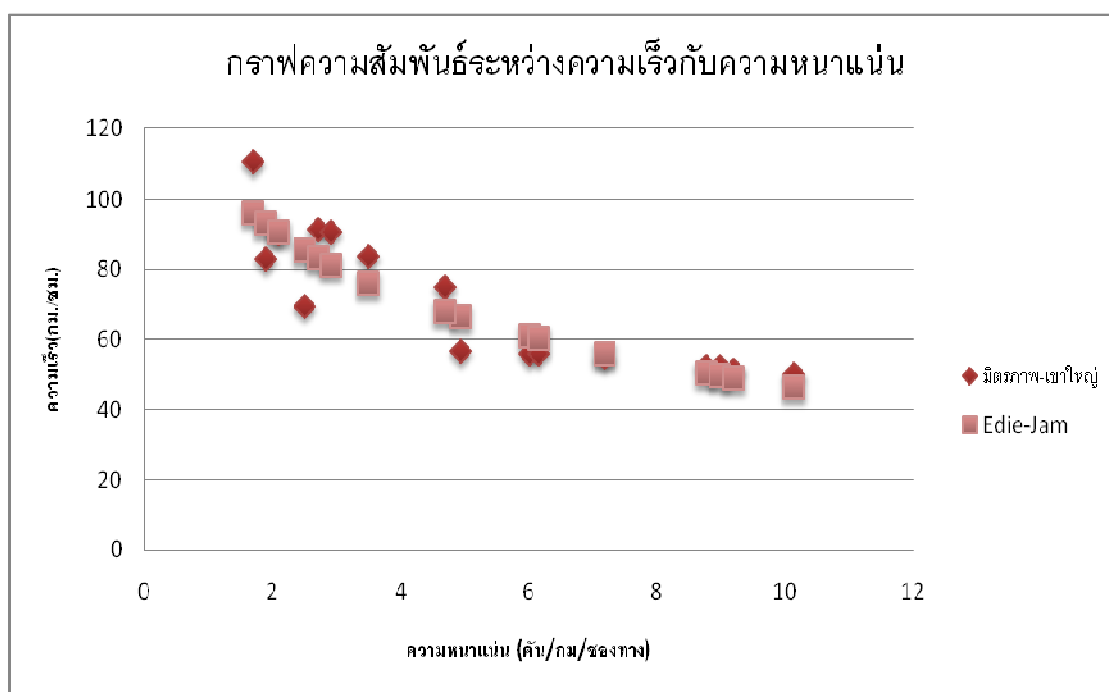
5.2.3 ในการศึกษาครั้งต่อไปควรนำสัดส่วนยานพาหนะประเภทต่าง ๆ เข้ามาเป็นปัจจัยพิจารณาด้วย และควรทำการศึกษาผลกระทบจากลักษณะทางกายภาพของถนน เช่น ทางโค้งแนวราบ โค้งแนวตั้ง ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความสามารถในการรองรับปริมาณจราจร รวมถึงเก็บข้อมูลให้มีพิสัยกว้างขึ้น เพื่อให้การเลือกใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์ข้อมูลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

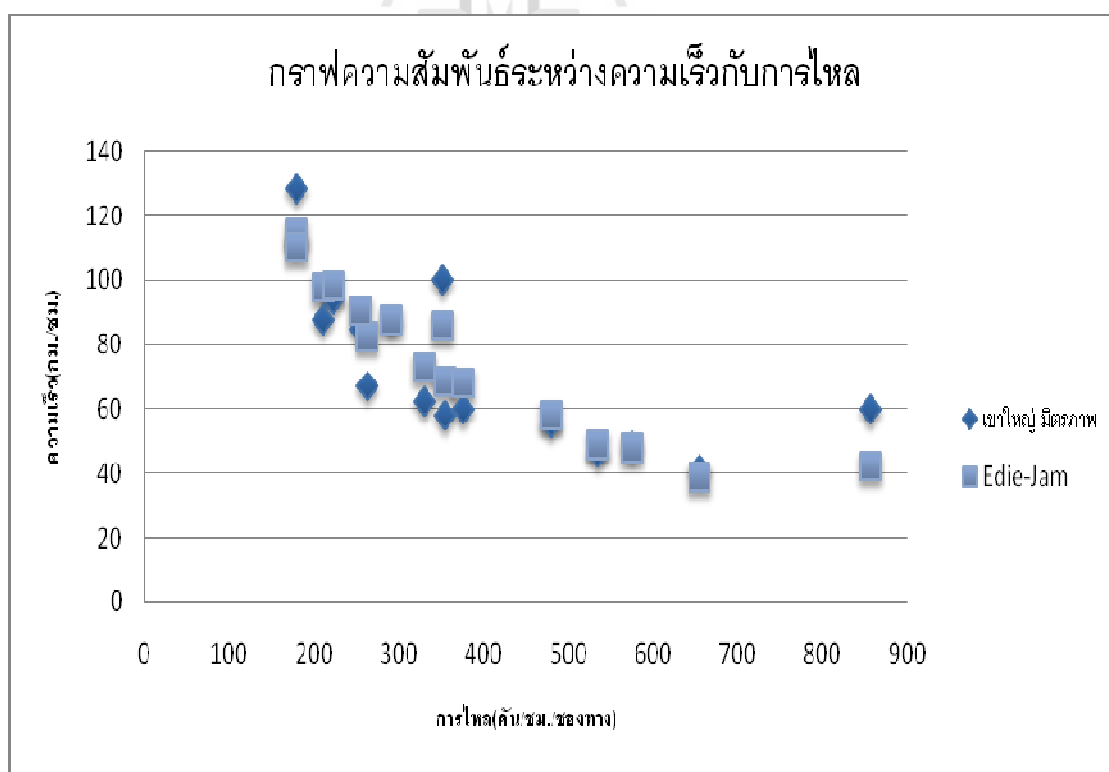
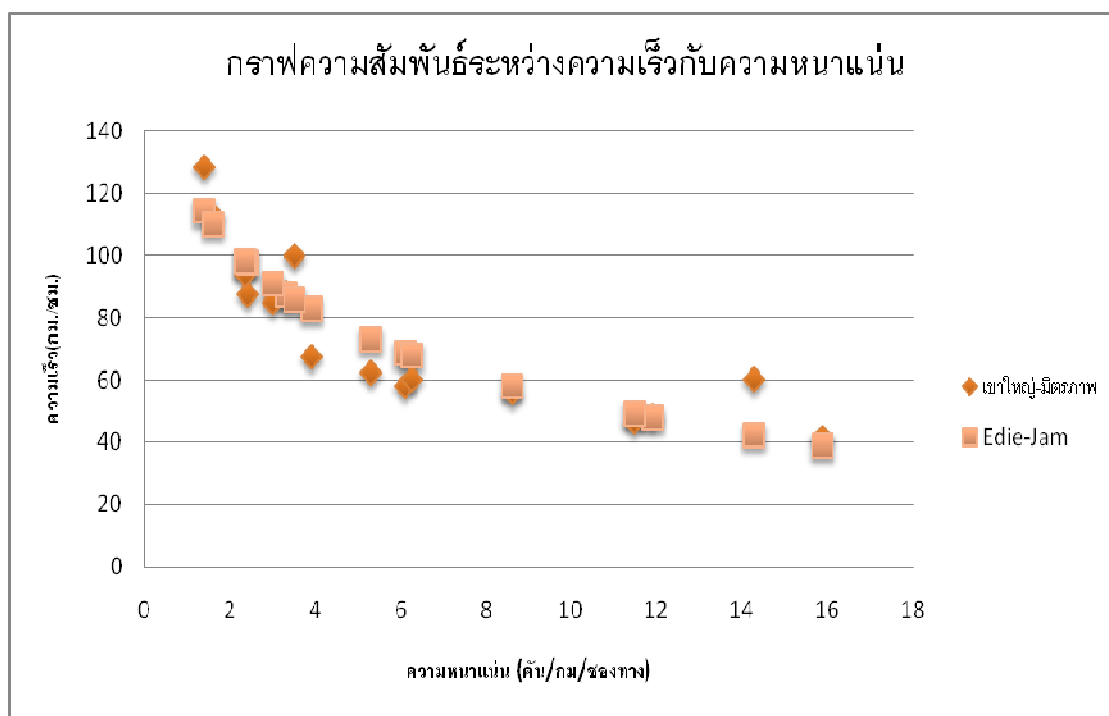
แบบจำลองของ Edie-Low





แบบจำลองของ Edie-Jam





เอกสารอ้างอิง

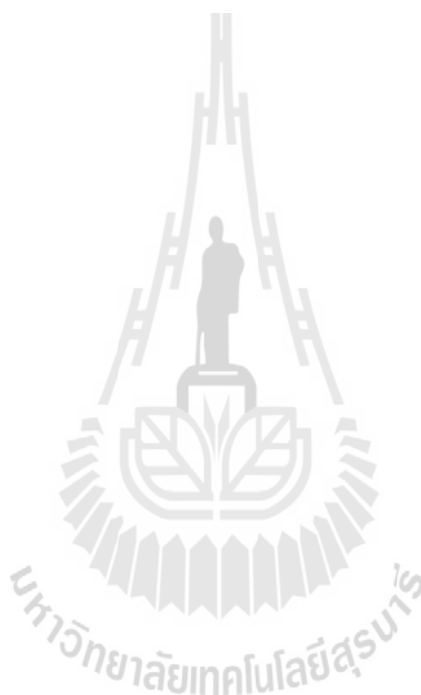
- ธีรยุทธ ลิมานนท์. เอกสารประกอบการเรียนวิชาวิศวกรรมจราจร. สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง
สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- วิสุทธิ กิจชัยนุกูล (2552). การไหลสูงสุดของการจราจรที่ความจุของถนนขึ้นอยู่กับขนาด
ของการไหล. สาขาวิชาคณิตศาสตร์ประยุกต์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ
- สุชุม จรูญธรรม (2546). การศึกษาความสัมพันธ์ของตัวแปรกระแสการจราจรบนถนนสายหลักในเขต
กรุงเทพมหานครโดยใช้เครื่องออโต้สโคป. ปริญาวิศวกรรมศาสมหาบัณฑิต (วิศวกรรม
โยธา) สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา ภาควิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. เอกสารประกอบการเรียนวิชาวิศวกรรมจราจร. ภาควิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา. <http://www.surames.com>
- B.G. Heydecker, J.D. Addison. (2011). **Analysis and modelling of traffic flow under variable
speed limits**. Transportation Research Part C. (pp. 206-217)
- G.C.K. Wong, S.C. Wong. (2002). **A multi-class traffic flow model – an extension of LWR
model with heterogeneous drivers**. Transportation Research Part A. (pp. 827-841)
- H.M. Zhang, T. Kim. (2005). **A car-following theory for multiphase vehicular traffic flow**.
Transportation Research Part B. (pp. 385-399)
- Hobbs, F.D. **Traffic Planning and Engineering**
- Max-Olivier Hongler, Roger Filliger. (2002). **Mesoscopic derivation of a fundamental
diagram of one-lane traffic**. Physics Letters A. (pp. 408-412)
- R. Jayakrishnan, Wei K. Tsai, Anthony Chen. (1995). **A Dynamic Traffic Assignment Model
With Traffic-Flow Relationships**. Transpn. Res. – C. (pp. 51-72)
- Werner BRILON, Jan LOHOFF. (2011). **Speed-flow Models for Freeways**. Procedia Social
and Behavioral Sciences 16. (pp. 26-36)
- YAO Jun, TENG Hualiang, WEI Heng, HU Siji. (2009). **Estimating Roadway Capacity
Using the Simultaneous Spline Regression Model**. Journal of Transportation Systems
Engineering and Information Technology. (pp. 87-98)

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

http://aduni.org/courses/algorithms/courseware/handouts/Reciation_09.html

<http://community.topcoder.com/tc?module=Static&d1=tutorials&d2=maxFlow>

<http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~ckasem2/los.html>





ภาคผนวก ก

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม
และตัวอย่างการคำนวณ

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 1 กิโลเมตรที่ 0-4 (วันหยุด)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
77	1	3	3	3
89	1	5	3	3
109	0	5	3	3
106	0	3	3	4
112	4	7	3	3
93	1	4	3	3
113	2	8	3	3
99	1	4	3	3
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
74	3	1	3	3
96	7	6	3	3
116	2	5	3	3
151	8	5	4	3
125	4	7	3	3
131	2	5	3	3
115	2	4	3	3
93	4	2	3	3

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 1 กิโลเมตรที่ 0-4 (วันธรรมดา)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
50	5	0	3	3
53	1	0	3	3
38	2	0	3	2
51	4	0	3	3
50	3	0	3	3
60	4	5	3	2
64	8	7	3	3
72	3	5	3	3
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
69	4	2	3	3
67	7	5	3	3
58	1	2	2	3
70	0	1	3	3
46	2	0	3	3
66	1	0	2	3
55	3	1	3	3
51	3	0	3	3

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 2 กิโลเมตรที่ 4-8 (วันหยุด)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
57	5	6	3	3
68	1	4	3	4
80	3	4	3	3
94	7	4	4	3
89	2	4	3	4
106	4	2	4	3
104	4	2	4	3
127	5	3	4	4
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
69	4	5	3	3
96	4	0	4	3
116	0	3	3	3
121	5	6	3	4
137	7	6	4	3
132	2	7	3	4
70	4	2	3	4
64	6	3	4	4

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 2 กิโลเมตรที่ 4-8 (วันธรรมดา)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
38	6	0	3	3
57	3	0	4	3
31	4	2	3	3
30	4	4	3	2
51	1	4	3	3
52	0	3	3	3
42	0	3	3	2
29	2	1	3	2
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
52	8	6	3	3
69	5	6	3	4
43	3	0	3	3
46	5	6	2	3
65	3	3	3	3
72	4	5	3	3
50	4	5	2	3
63	0	2	2	3

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 3 กิโลเมตรที่ 8-12 (วันหยุด)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
38	2	1	3	4
52	0	1	3	3
53	2	3	3	3
116	0	1	4	3
99	2	1	4	4
115	3	2	4	4
121	0	1	4	3
78	2	1	4	4
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
50	5	0	4	3
67	2	3	3	3
91	0	3	3	3
115	0	4	3	4
161	0	2	4	4
126	1	2	4	4
88	1	3	3	4
112	2	1	4	4

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 3 กิโลเมตรที่ 8-12 (วันธรรมดา)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
29	0	0	3	3
28	4	4	2	3
47	2	2	3	3
54	0	2	3	3
30	4	2	3	4
36	0	0	2	3
41	1	3	2	4
52	0	2	3	3
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
41	4	1	3	3
46	4	2	3	2
42	3	0	3	3
37	5	1	3	3
39	4	0	4	3
43	7	4	3	2
47	6	1	4	2
43	4	1	3	3

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 4 กิโลเมตรที่ 12-16 (วันหยุด)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
24	2	0	3	4
44	0	1	3	5
105	0	3	4	5
66	3	4	4	6
84	4	0	5	4
92	2	4	4	4
118	0	6	4	4
65	1	0	4	5
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
62	1	2	4	3
53	4	0	5	3
128	2	4	5	4
174	0	0	6	4
118	1	2	4	5
135	1	4	4	4
92	4	3	4	4
74	5	0	5	4

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 4 กิโลเมตรที่ 12-16 (วันธรรมดา)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
34	2	0	3	4
28	2	1	4	3
26	3	0	4	4
38	0	1	3	4
29	4	2	3	3
44	4	2	4	4
30	0	1	3	4
34	0	0	3	3
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
30	9	5	4	3
31	3	1	3	4
24	4	1	4	4
15	4	0	4	3
21	4	2	3	3
32	5	2	4	4
49	4	1	4	3
26	3	1	3	3

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 5 กิโลเมตรที่ 16-21 (วันหยุด)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
27	2	0	5	5
58	1	3	5	5
82	2	0	6	5
93	0	0	6	5
84	2	0	6	5
82	0	3	5	7
93	2	1	6	6
71	1	3	5	7
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
54	3	2	5	5
60	6	7	5	5
69	1	1	5	6
91	0	3	5	6
157	1	1	5	6
134	1	4	7	5
117	2	4	6	6
102	7	2	7	5

ข้อมูลของถนนช่วงที่ 5 กิโลเมตรที่ 16-21 (วันธรรมดา)

รถสำรวจมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
34	0	6	4	2
21	4	0	4	4
20	2	1	4	4
26	4	1	4	3
37	2	0	4	4
32	3	0	4	4
41	1	1	4	3
23	0	1	3	4
รถสำรวจมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ				
รถที่เล่นสวน รถสำรวจ	รถที่แข่ง รถสำรวจ	รถที่ถูกกรด สำรวจแข่ง	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขาไป	เวลาที่ใช้ในการ เดินทางขากลับ
19	1	2	2	4
20	4	0	4	4
26	5	3	4	4
36	0	2	3	4
37	3	5	4	4
32	3	1	4	4
41	1	1	3	4
23	3	0	4	3

ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามโดยวิธีการใช้คนนับ (Manual Counts)

ข้อมูลจุดสำรวจที่ 1 กิโลเมตรที่ 4

ทิศทางมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่			
เวลาทำการสำรวจ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุกและรถทัวร์
07.00-08.00 น.	103	213	23
08.00-09.00 น.	90	404	44
09.00-10.00 น.	73	547	35
10.00-11.00 น.	63	735	75
11.00-12.00 น.	58	830	45
12.00-13.00 น.	73	920	35
13.00-14.00 น.	105	929	51
14.00-15.00 น.	49	958	38
15.00-16.00 น.	55	960	35
16.00-17.00 น.	82	820	24
17.00-18.00 น.	75	764	18
18.00-19.00 น.	68	598	24
ทิศทางมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ			
เวลาทำการสำรวจ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุกและรถทัวร์
07.00-08.00 น.	60	157	20
08.00-09.00 น.	61	252	31
09.00-10.00 น.	47	377	36
10.00-11.00 น.	49	478	23
11.00-12.00 น.	68	570	26
12.00-13.00 น.	49	569	36
13.00-14.00 น.	58	640	31
14.00-15.00 น.	63	626	47
15.00-16.00 น.	60	661	37
16.00-17.00 น.	85	675	39
17.00-18.00 น.	156	651	23
18.00-19.00 น.	69	607	19

ข้อมูลจุดสำรวจที่ 2 กิโลเมตรที่ 8

ทิศทางมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่			
เวลาที่ทำการสำรวจ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุกและรถทัวร์
07.00-08.00 น.	46	138	15
08.00-09.00 น.	49	340	33
09.00-10.00 น.	53	550	35
10.00-11.00 น.	40	655	51
11.00-12.00 น.	36	725	57
12.00-13.00 น.	37	820	35
13.00-14.00 น.	36	828	45
14.00-15.00 น.	85	972	24
15.00-16.00 น.	27	891	29
16.00-17.00 น.	34	702	29
17.00-18.00 น.	61	684	13
18.00-19.00 น.	44	657	19
ทิศทางมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ			
เวลาที่ทำการสำรวจ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุกและรถทัวร์
07.00-08.00 น.	43	127	15
08.00-09.00 น.	38	185	31
09.00-10.00 น.	26	313	44
10.00-11.00 น.	35	396	16
11.00-12.00 น.	34	508	23
12.00-13.00 น.	17	513	36
13.00-14.00 น.	43	576	28
14.00-15.00 น.	39	563	32
15.00-16.00 น.	49	622	26
16.00-17.00 น.	44	632	27
17.00-18.00 น.	67	720	21
18.00-19.00 น.	54	631	20

ข้อมูลจุดสำรวจที่ 3 กิโลเมตรที่ 12

ทิศทางมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่			
เวลาที่ทำการสำรวจ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุกและรถทัวร์
07.00-08.00 น.	50	136	19
08.00-09.00 น.	68	315	21
09.00-10.00 น.	50	517	37
10.00-11.00 น.	48	581	30
11.00-12.00 น.	53	673	58
12.00-13.00 น.	46	788	34
13.00-14.00 น.	64	786	45
14.00-15.00 น.	39	874	34
15.00-16.00 น.	34	937	24
16.00-17.00 น.	63	802	27
17.00-18.00 น.	104	676	19
18.00-19.00 น.	64	472	14
ทิศทางมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ			
เวลาที่ทำการสำรวจ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุกและรถทัวร์
07.00-08.00 น.	69	154	16
08.00-09.00 น.	96	223	35
09.00-10.00 น.	62	306	38
10.00-11.00 น.	63	398	29
11.00-12.00 น.	38	507	27
12.00-13.00 น.	31	595	41
13.00-14.00 น.	82	660	37
14.00-15.00 น.	49	585	25
15.00-16.00 น.	53	596	33
16.00-17.00 น.	57	601	38
17.00-18.00 น.	58	701	23
18.00-19.00 น.	55	606	15

ข้อมูลจุดสำรวจที่ 4 กิโลเมตรที่ 16

ทิศทางมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่			
เวลาที่ทำการสำรวจ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุกและรถทัวร์
07.00-08.00 น.	83	106	9
08.00-09.00 น.	80	224	9
09.00-10.00 น.	42	284	16
10.00-11.00 น.	46	319	17
11.00-12.00 น.	50	372	18
12.00-13.00 น.	37	506	28
13.00-14.00 น.	45	608	18
14.00-15.00 น.	45	687	21
15.00-16.00 น.	38	754	15
16.00-17.00 น.	68	579	15
17.00-18.00 น.	89	554	9
18.00-19.00 น.	59	418	2
ทิศทางมุ่งหน้าสู่ถนนมิตรภาพ			
เวลาที่ทำการสำรวจ	รถจักรยานยนต์	รถยนต์	รถบรรทุกและรถทัวร์
07.00-08.00 น.	46	102	10
08.00-09.00 น.	49	131	14
09.00-10.00 น.	53	227	17
10.00-11.00 น.	49	303	9
11.00-12.00 น.	51	379	15
12.00-13.00 น.	57	416	12
13.00-14.00 น.	41	433	13
14.00-15.00 น.	39	419	12
15.00-16.00 น.	58	468	22
16.00-17.00 น.	55	452	20
17.00-18.00 น.	91	501	8
18.00-19.00 น.	83	420	3

ตัวอย่างการคำนวณหาอัตราการไหล (Flow) จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

จากสมการ

$$V_n = \frac{60(M_s + O_n - P_n)}{T_n + T_s}$$

$$V_n = \frac{60(38 + 2 - 1)}{3 + 4}$$

$$V_n = 334 \text{ คัน/ชั่วโมง/ช่องทาง}$$

ตัวอย่างการคำนวณหาระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ย (Average Travel Time) จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

จากสมการ

$$\overline{T_n} = T_n - \frac{60(O_n - P_n)}{V_n}$$

$$\overline{T_n} = 3 - \frac{60(2 - 1)}{334}$$

$$\overline{T_n} = 2.82 \text{ นาที}$$

ตัวอย่างการคำนวณหาระยะเวลาการเดินทางเฉลี่ย (Space Mean Speed) จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

จากสมการ

$$SMS = 60 \times (\text{ระยะทาง} / \text{Average Travel Time})$$

$$SMS = 60 \times (4 / 2.82)$$

$$SMS = 85.09 \text{ กิโลเมตร/ชั่วโมง}$$

ตัวอย่างการคำนวณหาความหนาแน่น (Density) จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม
โดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

จากสมการ

$$q = u \times k$$

$$k = q/u$$

$$k = 334 / 85.09$$

$$k = 4 \text{ คัน/กิโลเมตร/ช่องทาง}$$

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองต่าง ๆ จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ
ภาคสนามโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

หาค่าพารามิเตอร์แบบจำลองของ Greenberg ของถนนช่วงที่ 1 วันธรรมดาทิศทางมุ่งหน้า
สู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

จาก $u = u_0 \ln k_j - u_0 \ln k$

$$A = u_0 \ln k_j$$

$$B = -u_0$$

$u(y_i)$	k	$\ln k(x_i)$	$x_i y_i$	x_i^2
97.8	3	1.034074	101.1094	1.069309
83.1	3	1.178655	97.9190	1.389228
87.3	3	1.011601	88.2852	1.023336
93.6	3	1.077559	100.8779	1.161133
90.2	3	1.077559	97.2096	1.161133
77.8	5	1.515127	117.8802	2.295611
82.5	4	1.370546	113.1244	1.878396
75.7	5	1.531476	115.8955	2.345420
$\Sigma = 687.974771$		$\Sigma = 10$	$\Sigma = 832$	$\Sigma = 12$
$\bar{y} = 85.996846$		$\bar{x} = 1.224575$		

$$B = (\sum x_i y_i - (1/n) \sum x_i \sum y_i) / (\sum x_i^2 - (1/n) (\sum x_i)^2)$$

$$= -31.12628$$

$$A = \bar{y} - \bar{x} B$$

$$= 124.11331$$

ดังนั้น $u_0 = 31.13$ กิโลเมตร/ชั่วโมง และ $k_j = 53.92$ คัน/กิโลเมตร/ช่องทาง

ตัวอย่างการคำนวณหา R^2 จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (u) กับความหนาแน่น (k) ของแบบจำลองต่าง ๆ จากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามโดยวิธีการเคลื่อนที่ของรถ (Moving Vehicles Method)

หาค่า R^2 จากความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว (u) กับความหนาแน่น (k) ของแบบจำลองของ Greenberg ของถนนช่วงที่ 1 วันธรรมดาทิศทางมุ่งหน้าสู่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

$u(y_i)$	Y	$(Y - \bar{y})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	u_0	k_j	\bar{y}
97.77778	92	35.15997	138.790344	31	54	85.99685
83.07692	87	2.04292	8.52595234	31	54	85.99685
87.27273	93	43.94471	1.62787194	31	54	85.99685
93.61702	91	20.94027	58.0670648	31	54	85.99685
90.21277	91	20.94027	17.7739775	31	54	85.99685
77.8022	77	81.79074	67.152266	31	54	85.99685
82.53968	81	20.64382	11.9519821	31	54	85.99685
75.67568	76	91.25429	106.526566	31	54	85.99685
$\bar{y} = 85.99685$		$\Sigma = 316.717$	$\Sigma = 410.416024$			

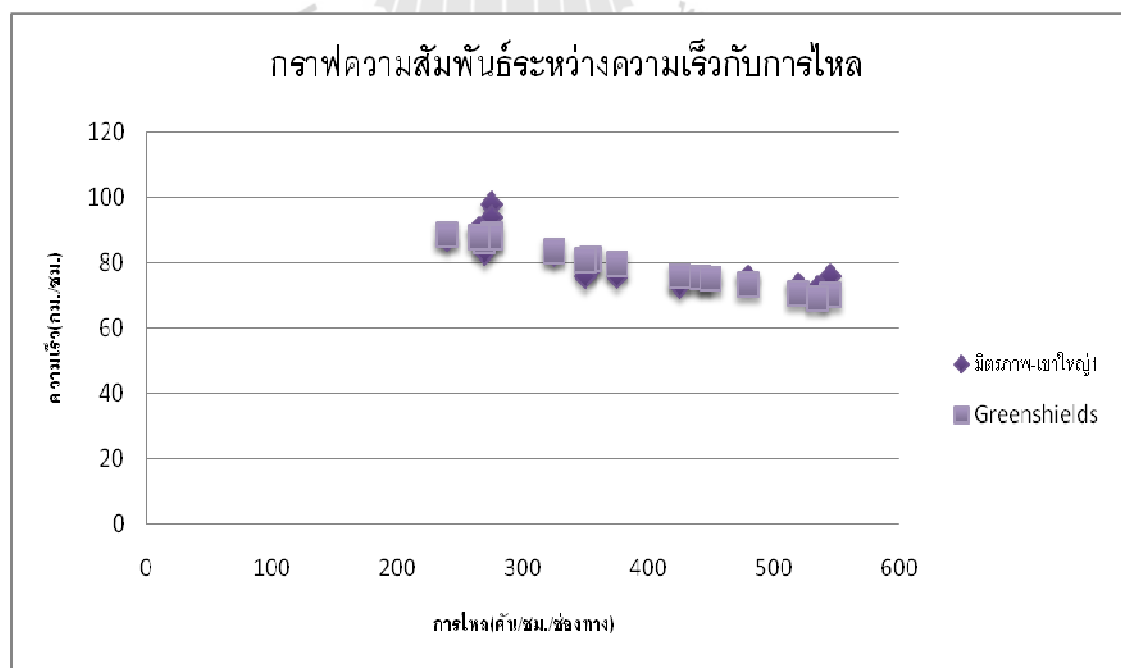
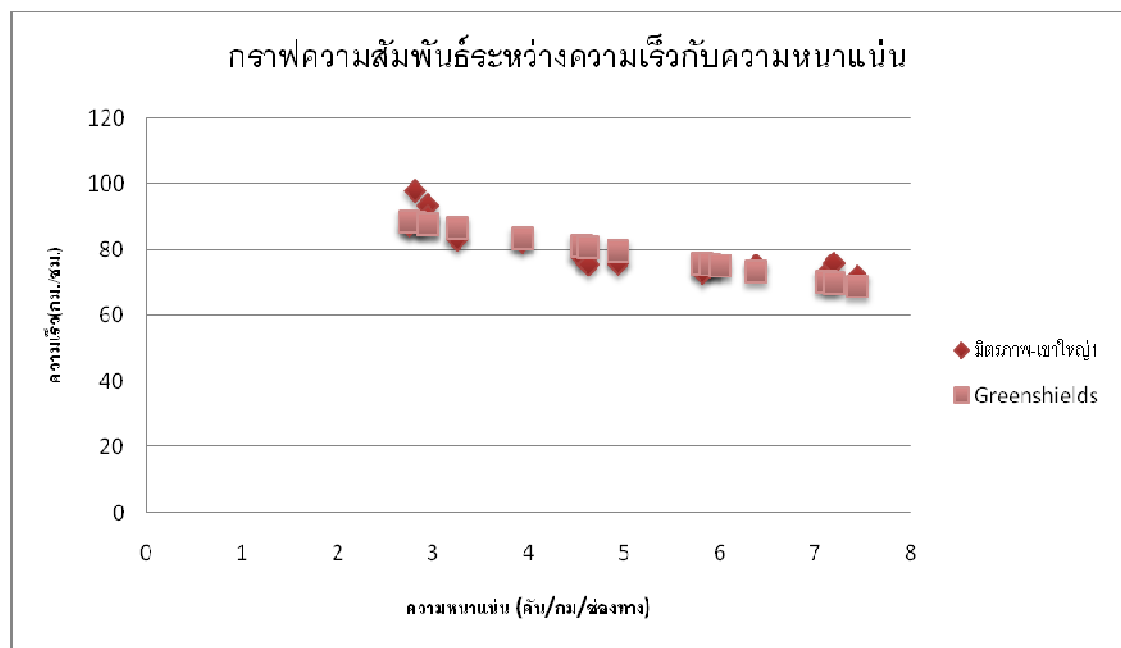
$$R^2 = (\Sigma(Y - \bar{y})^2) / (\Sigma(y_i - \bar{y})^2)$$

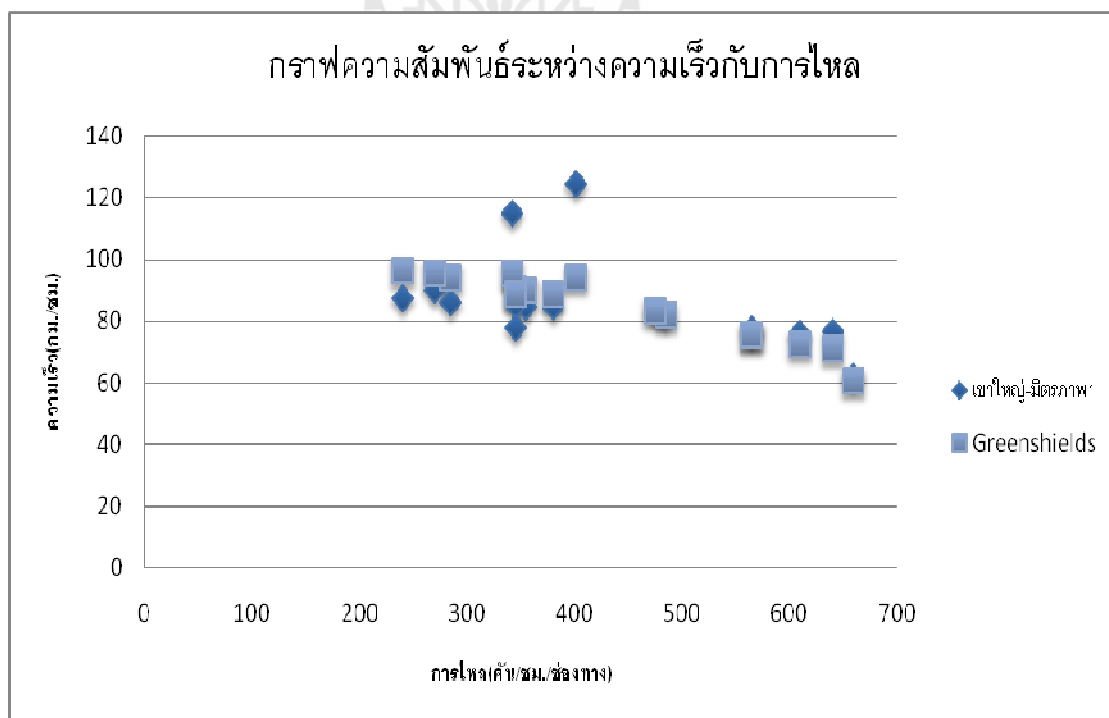
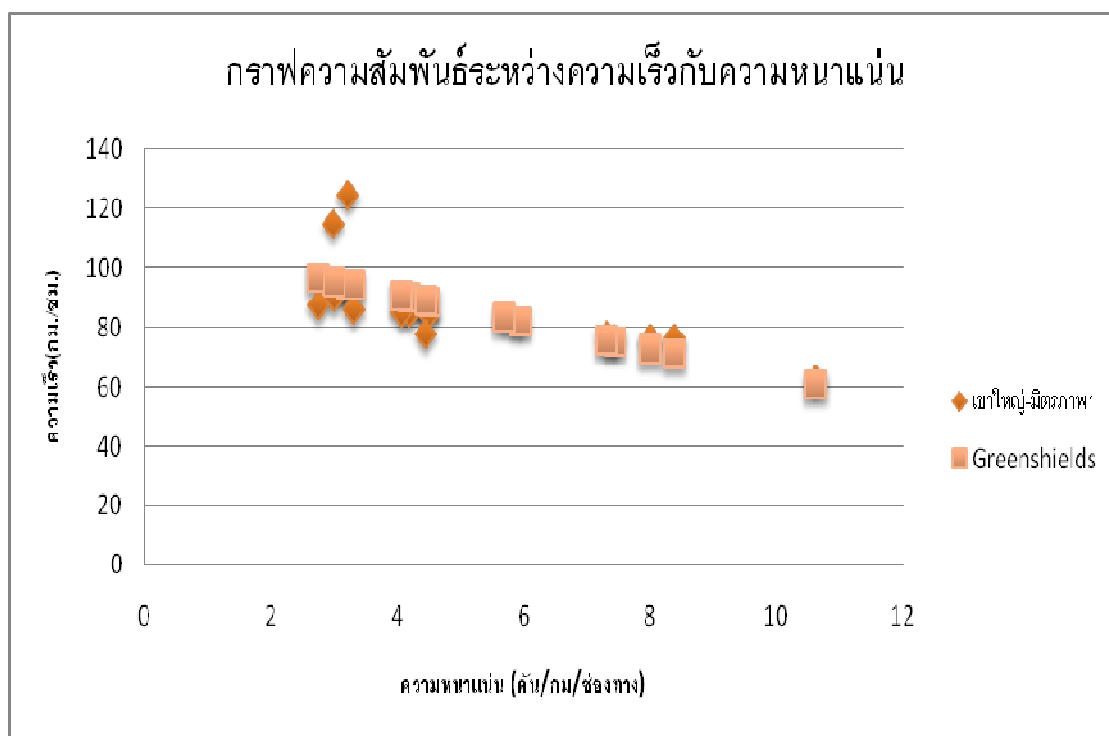
$$R^2 = 316.717 / 410.416024$$

$$R^2 = 0.772$$

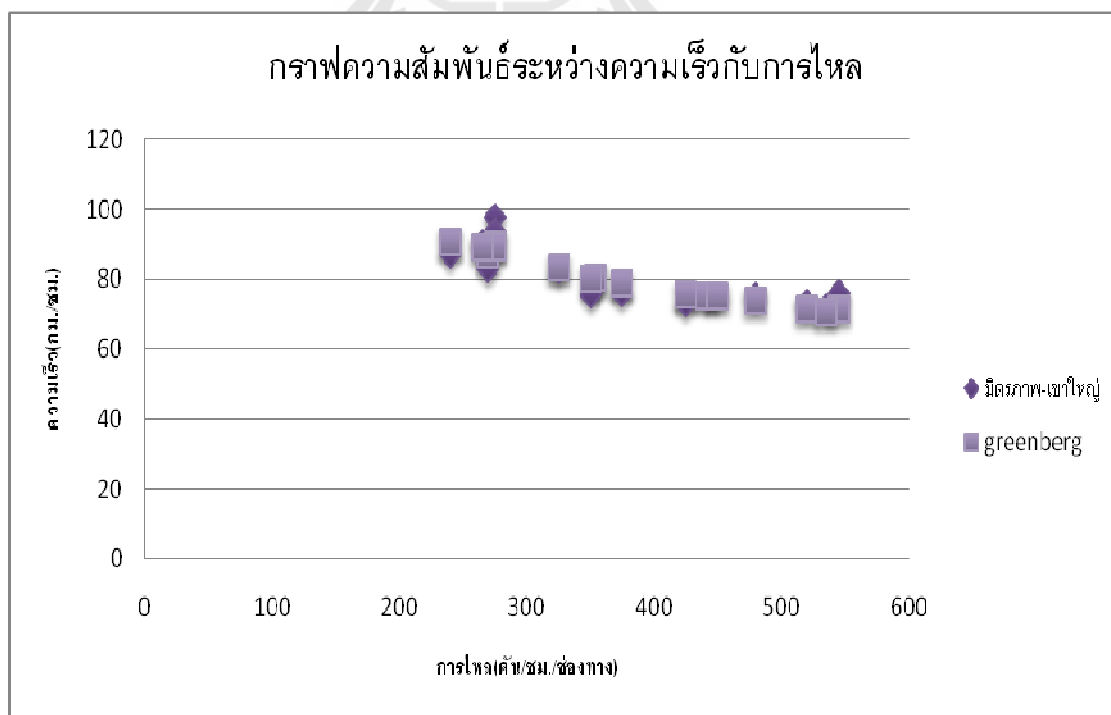
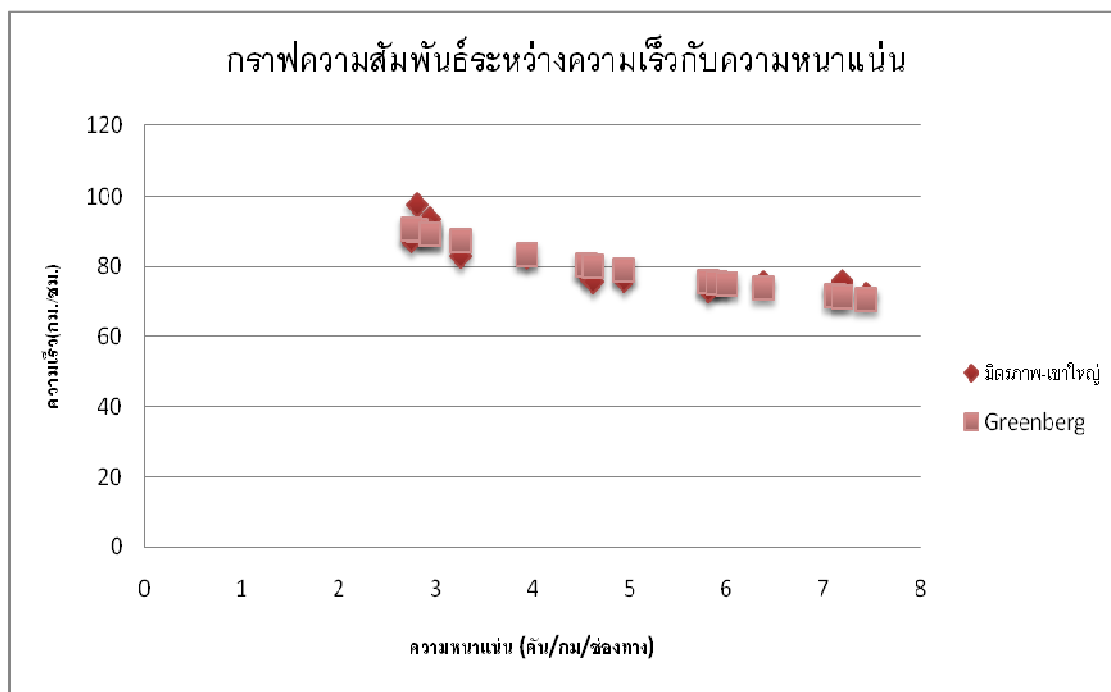
กราฟเปรียบเทียบความเร็ว (u) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากภาคสนามกับ (u) ของแบบจำลองต่าง ๆ ถนนช่วงที่ 1 กิโลเมตรที่ 0-4

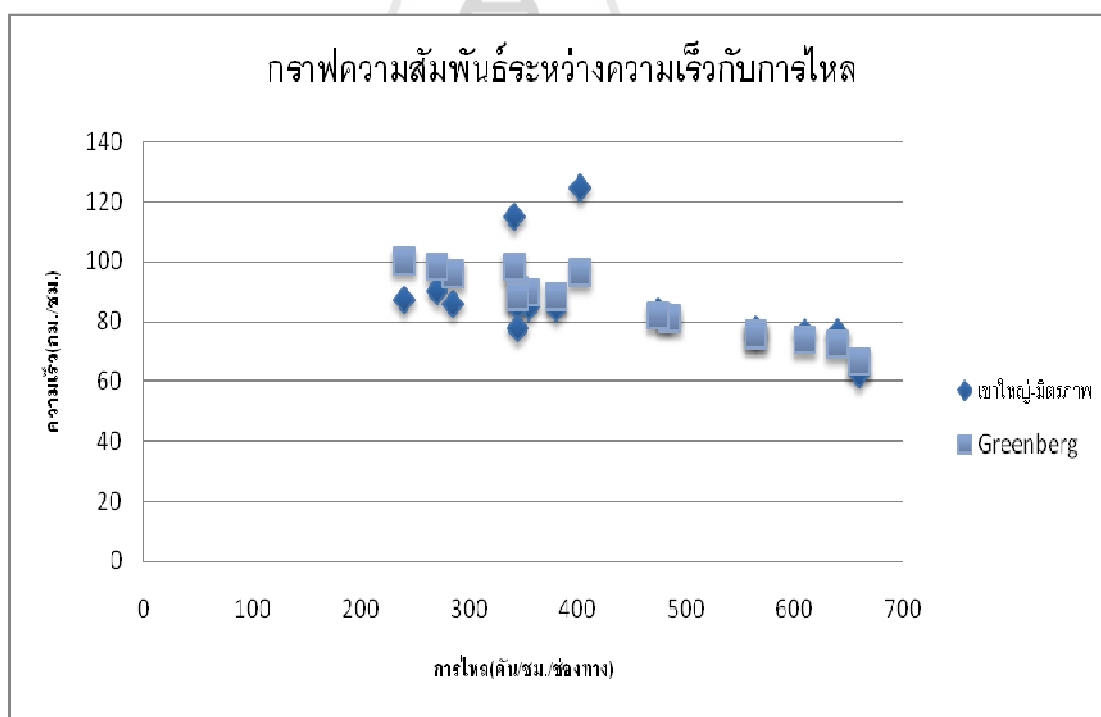
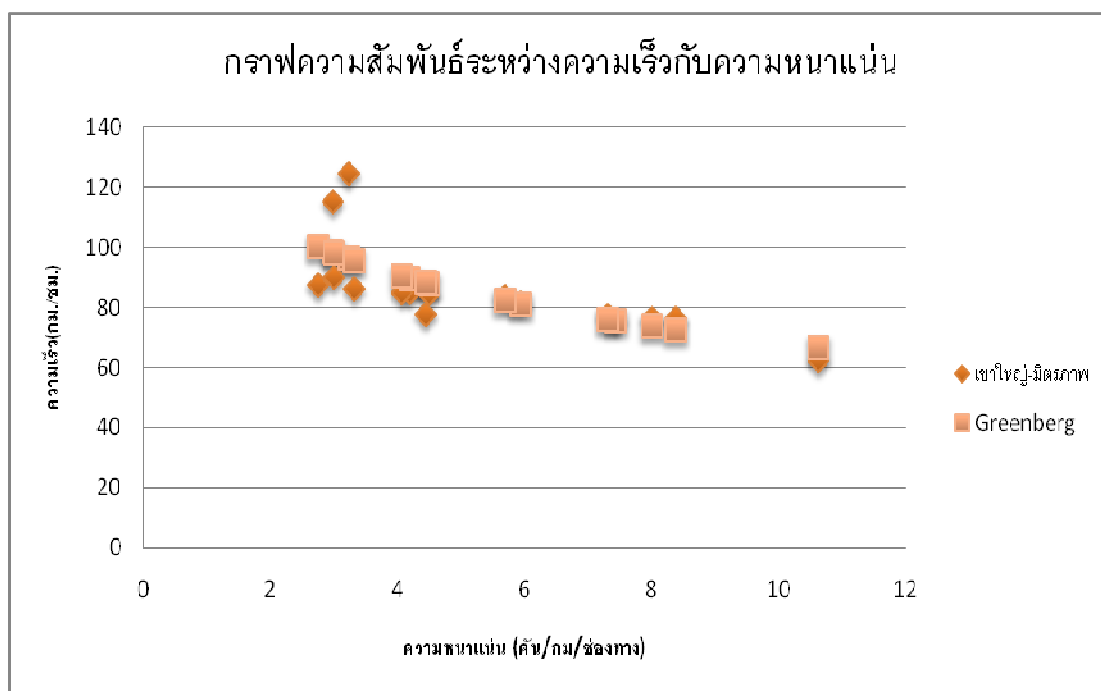
แบบจำลองของ Greenshields



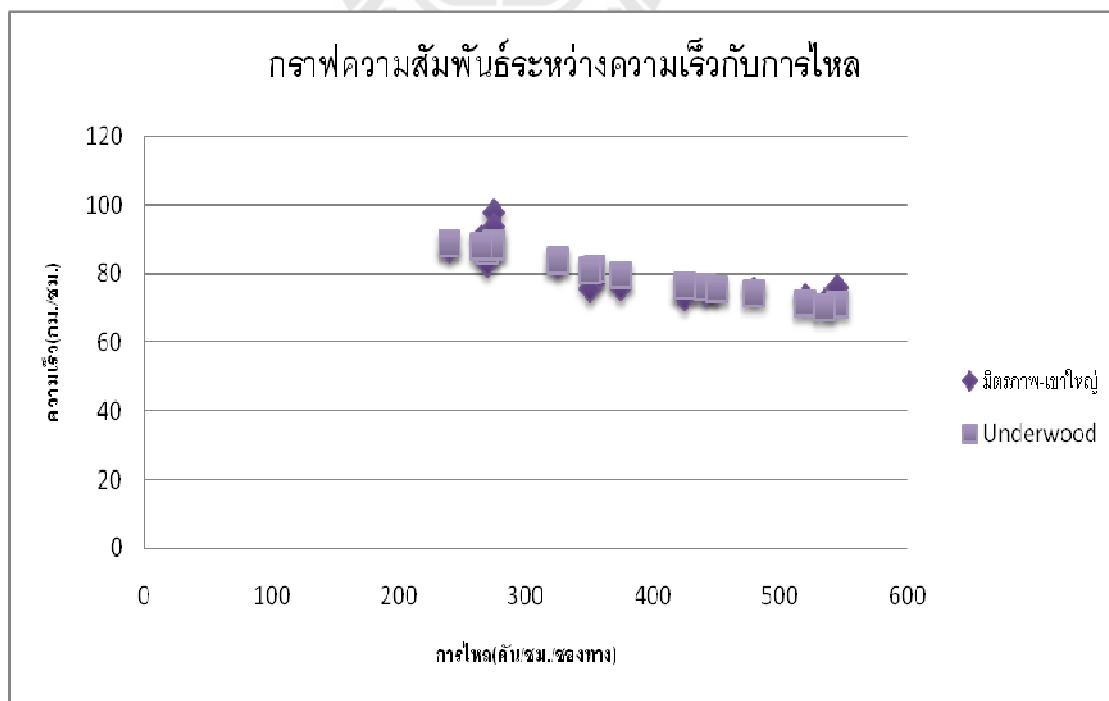
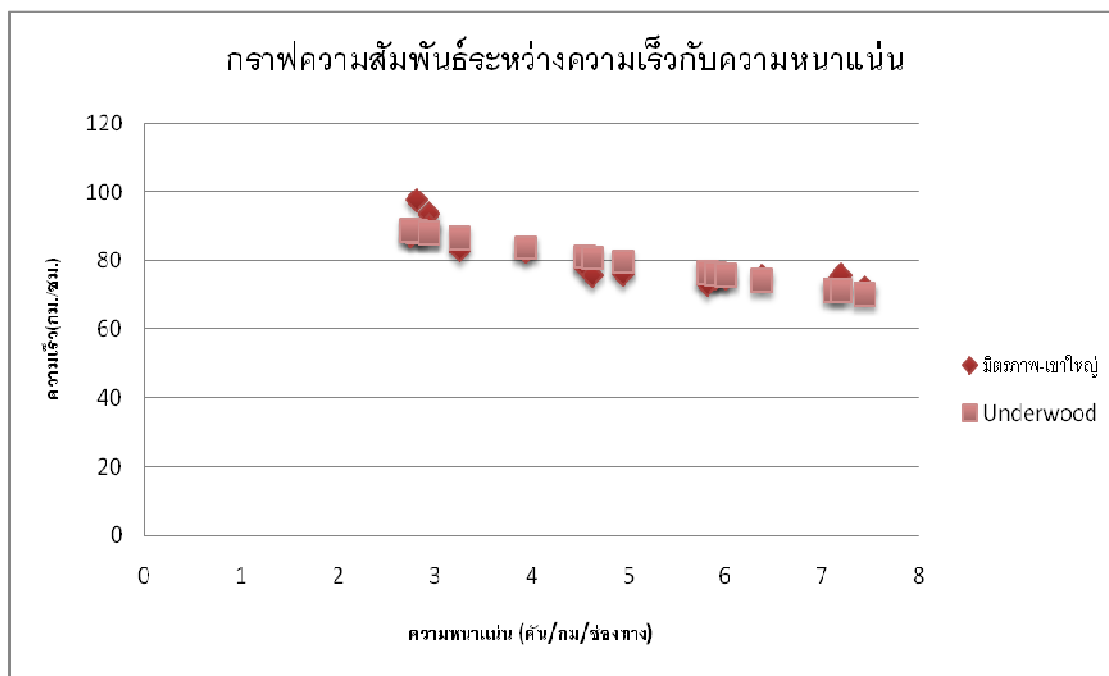


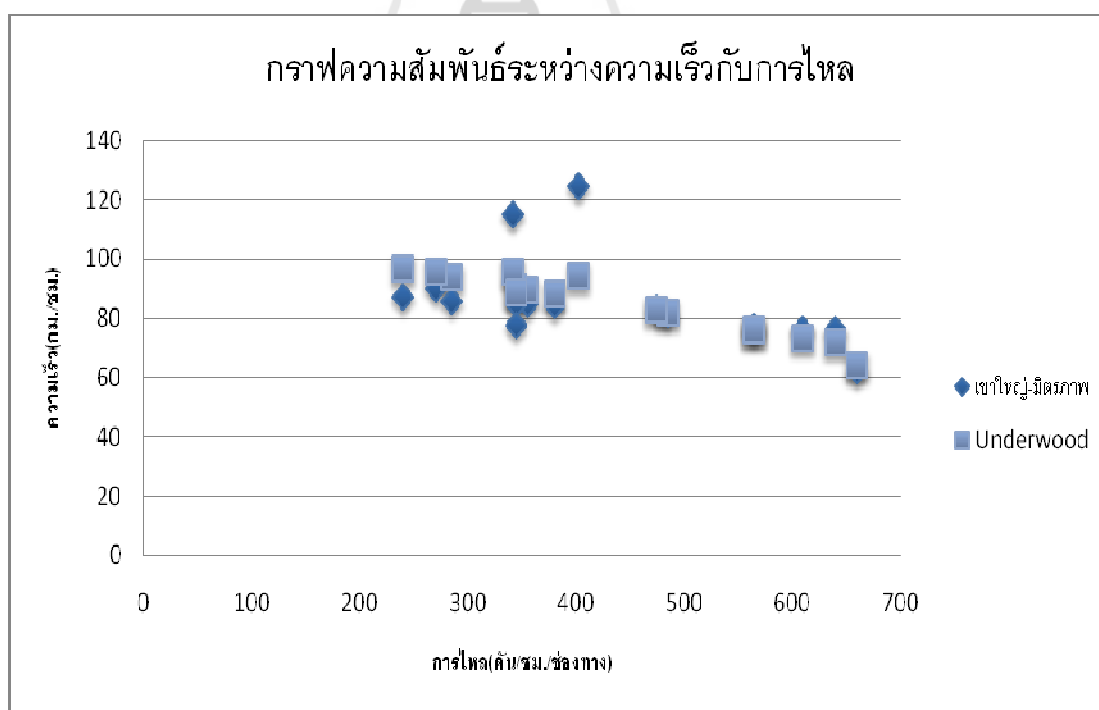
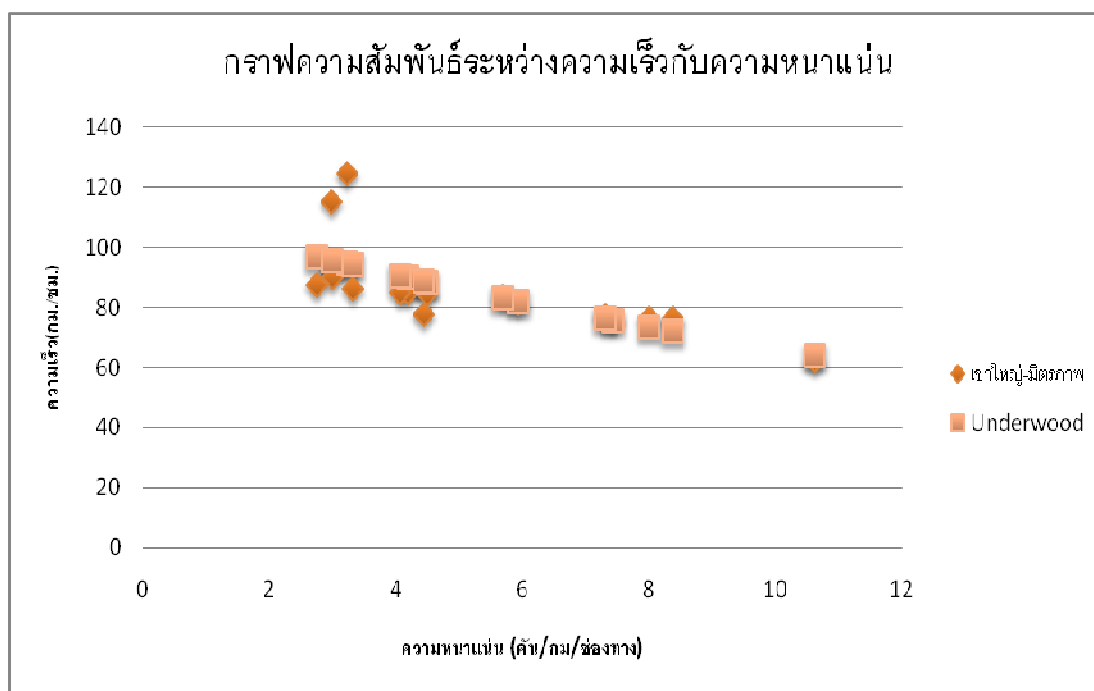
แบบจำลองของ Greenberg



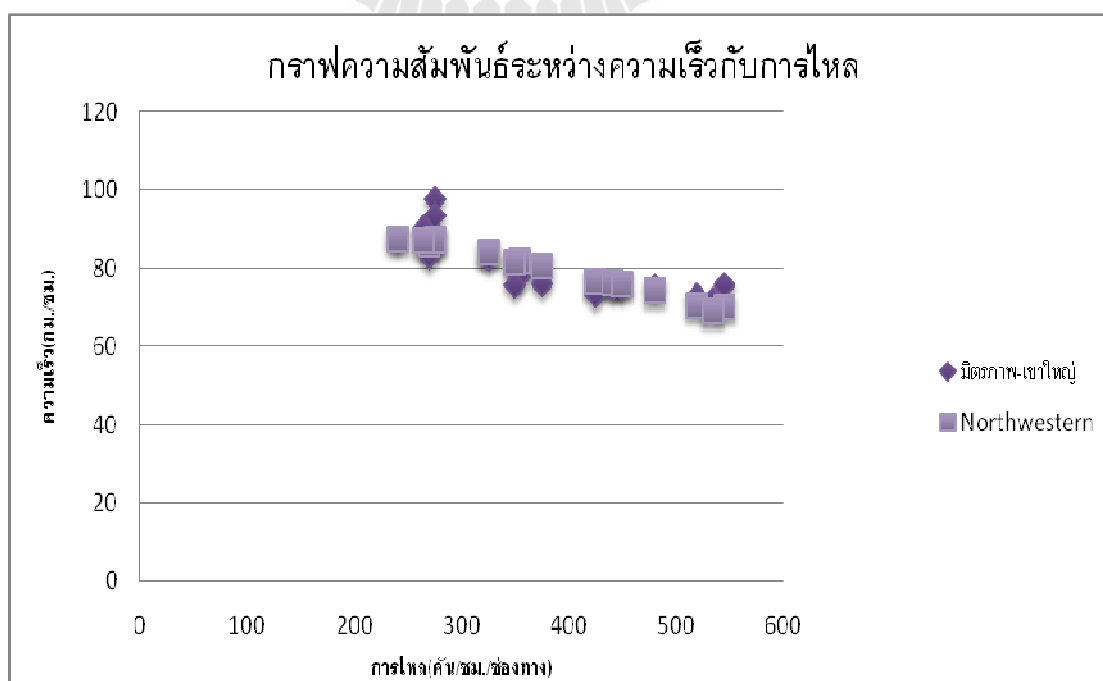
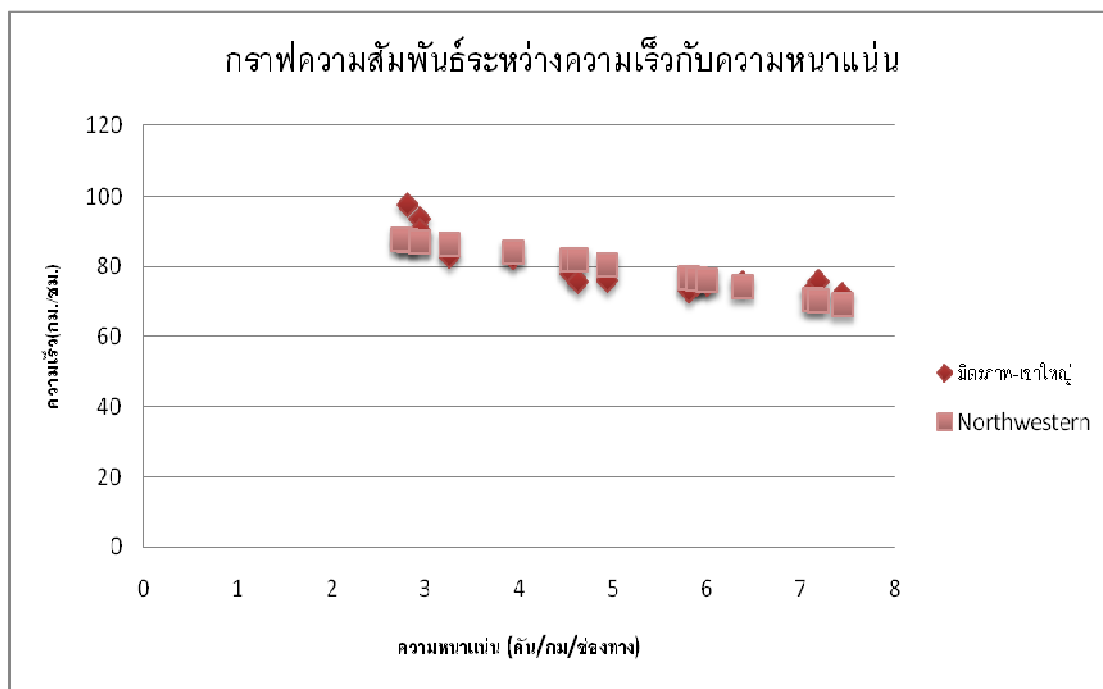


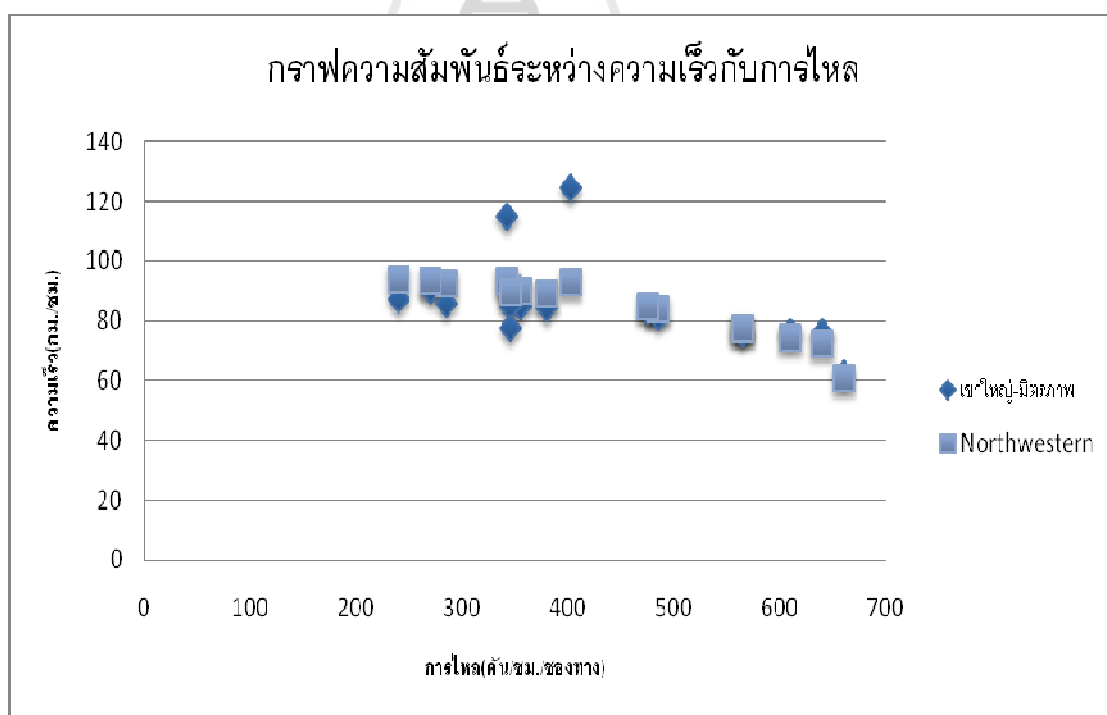
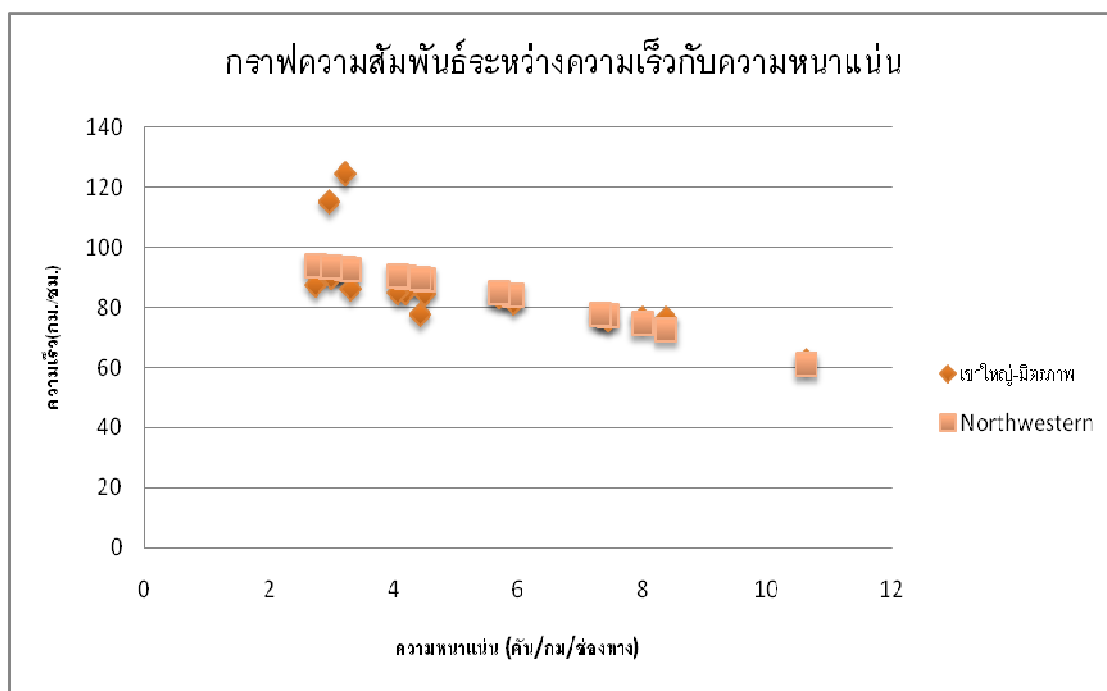
แบบจำลองของ Underwood



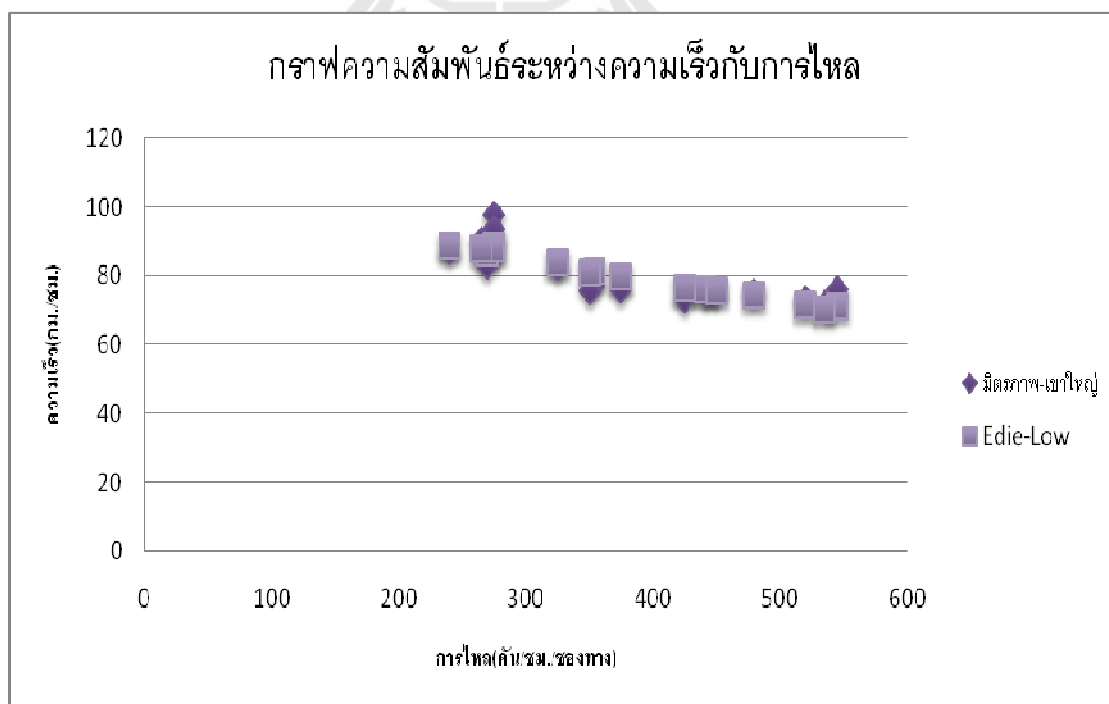
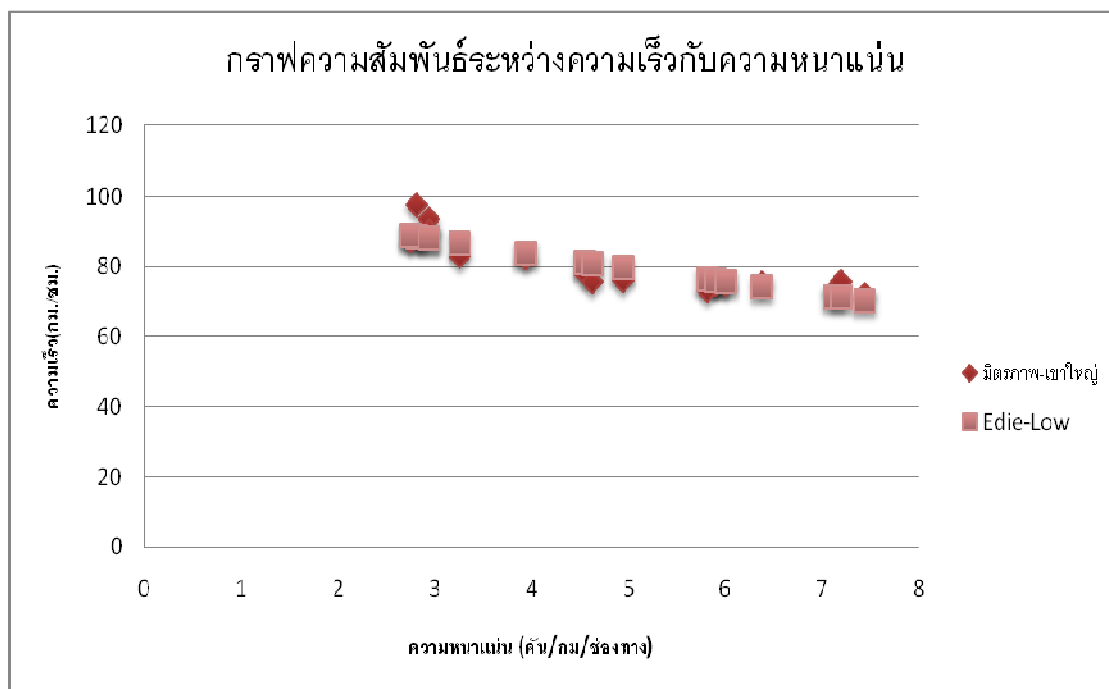


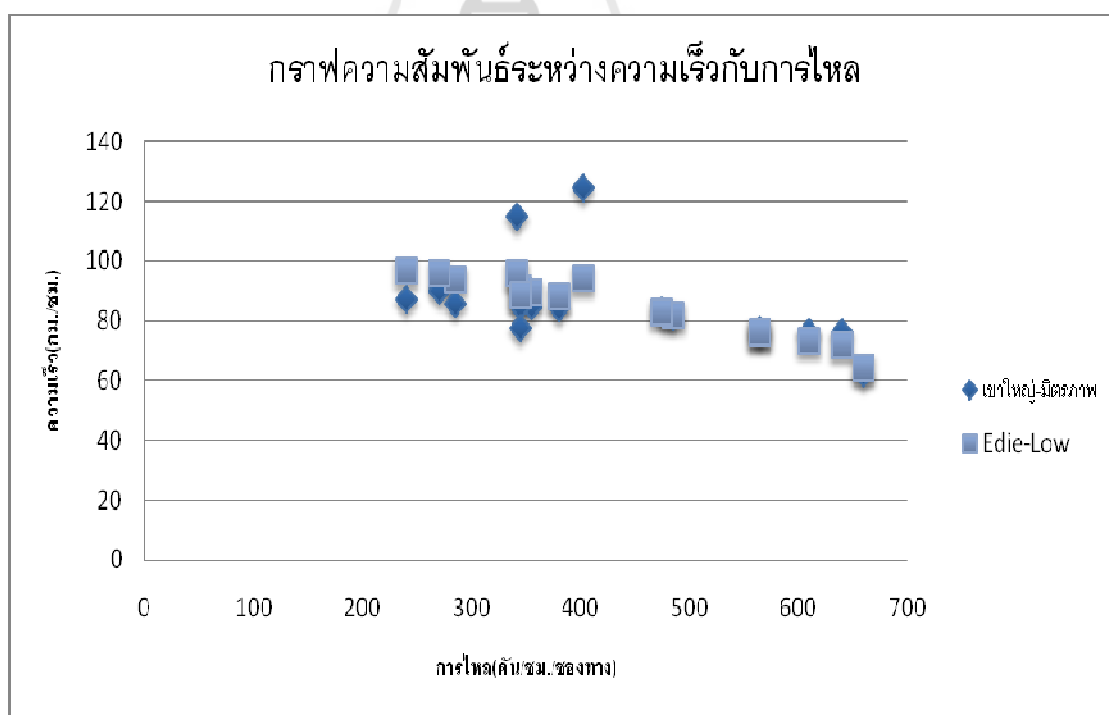
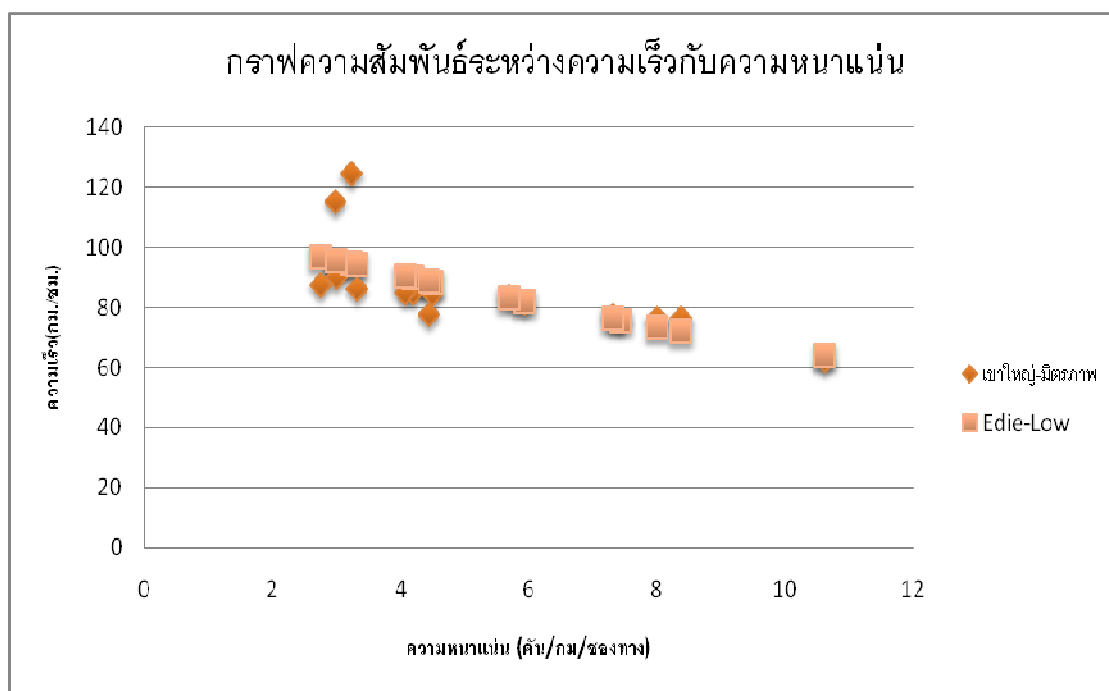
แบบจำลองของ Northwestern



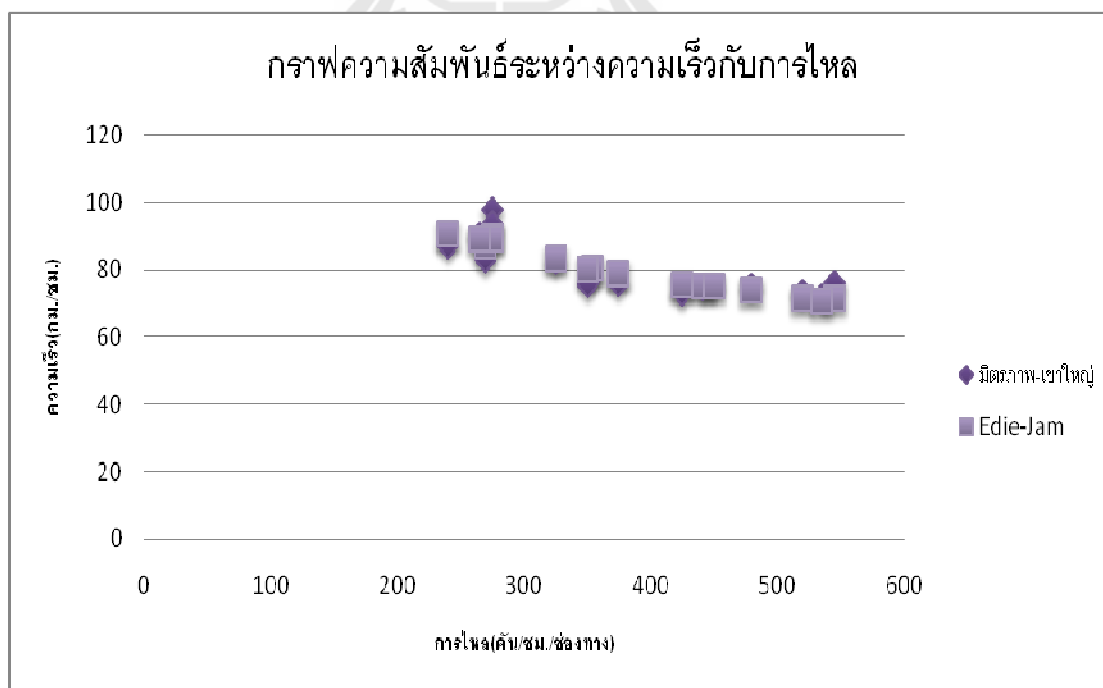
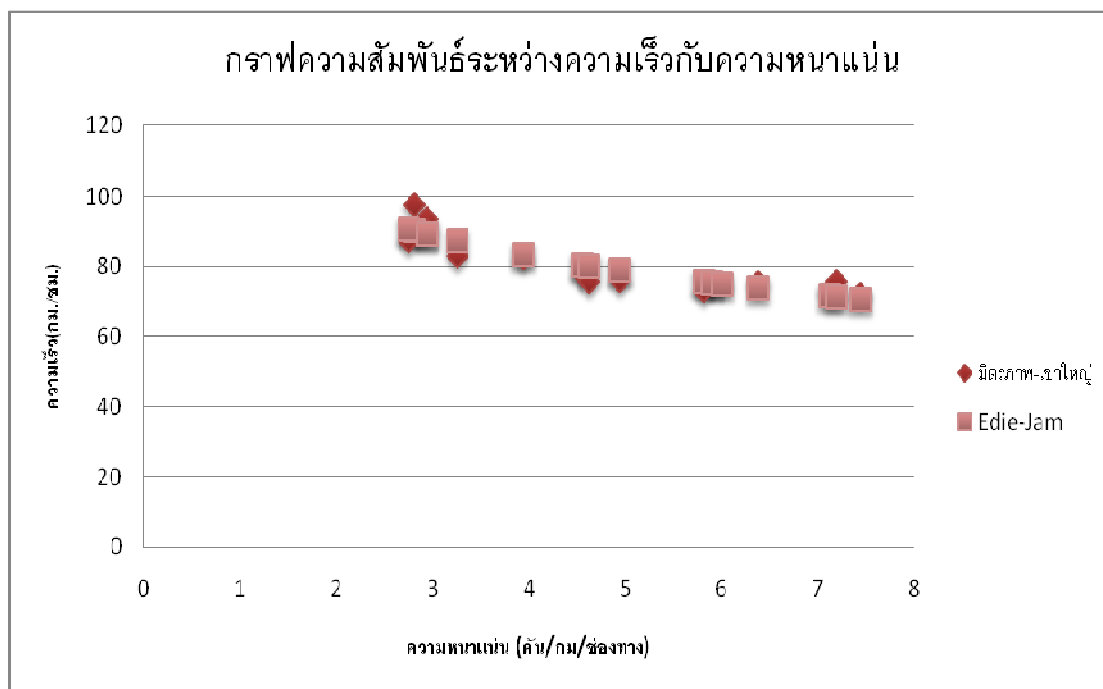


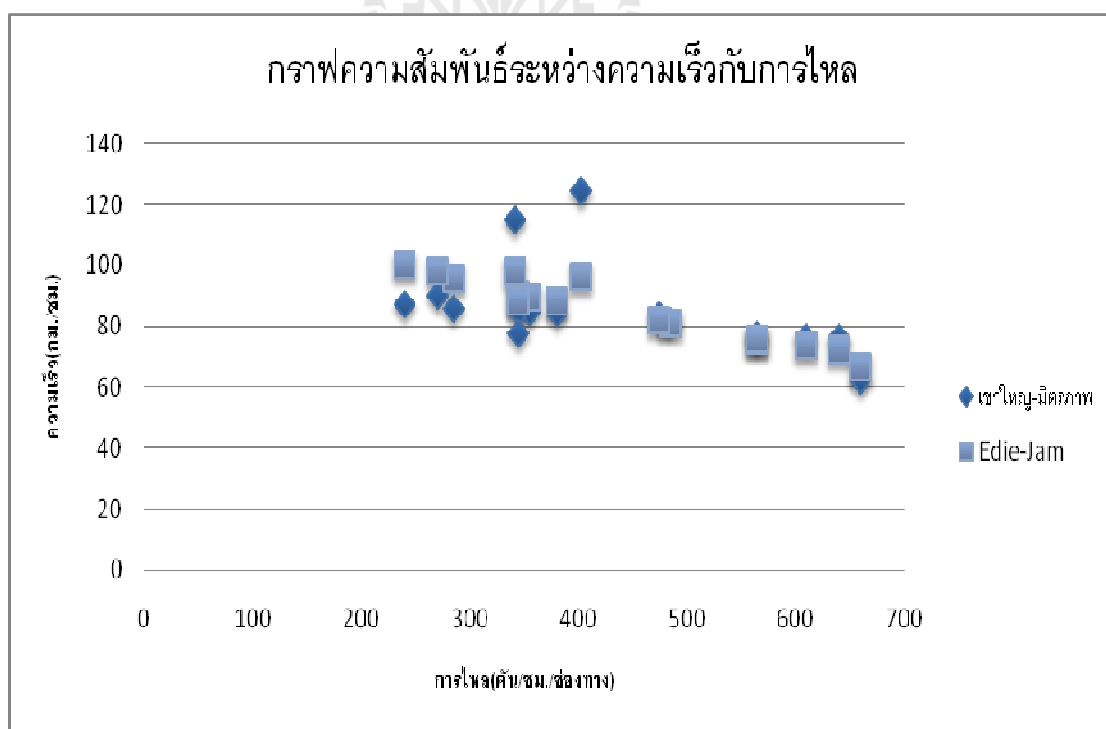
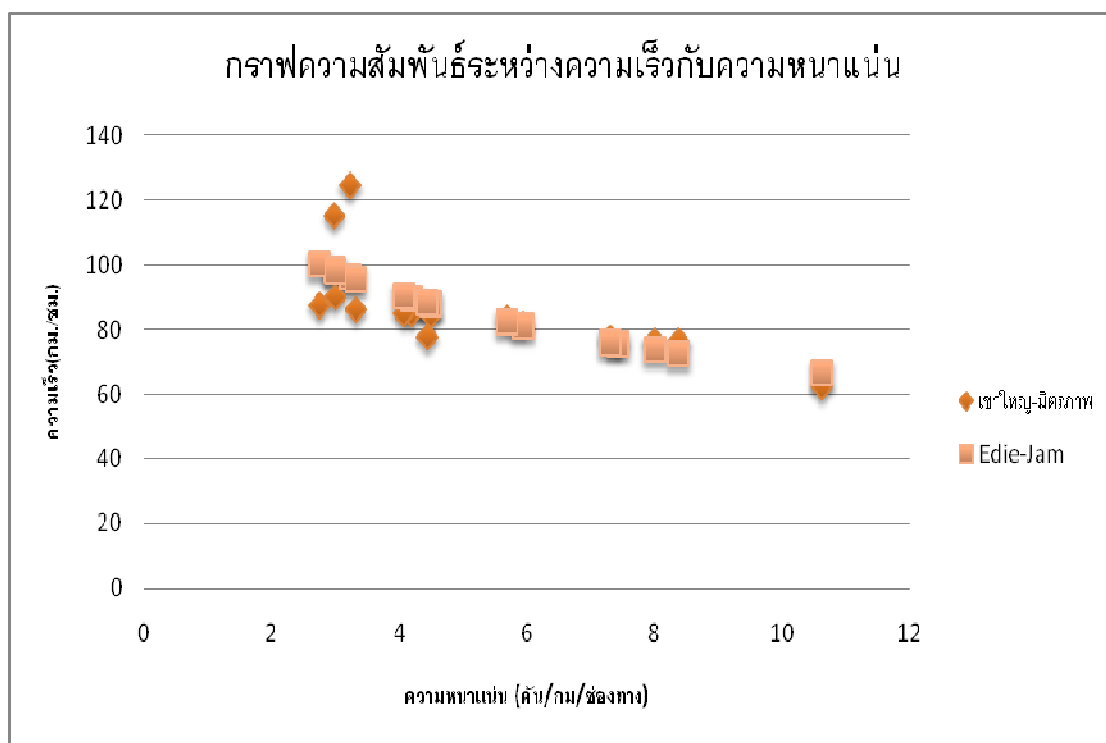
แบบจำลองของ Edie-Low





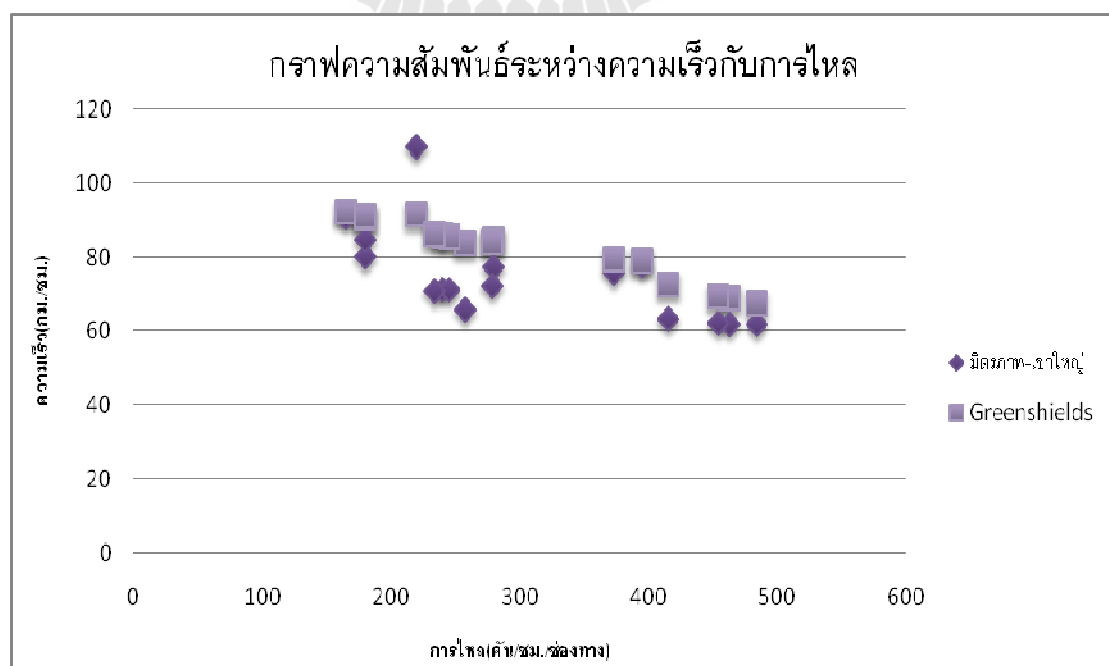
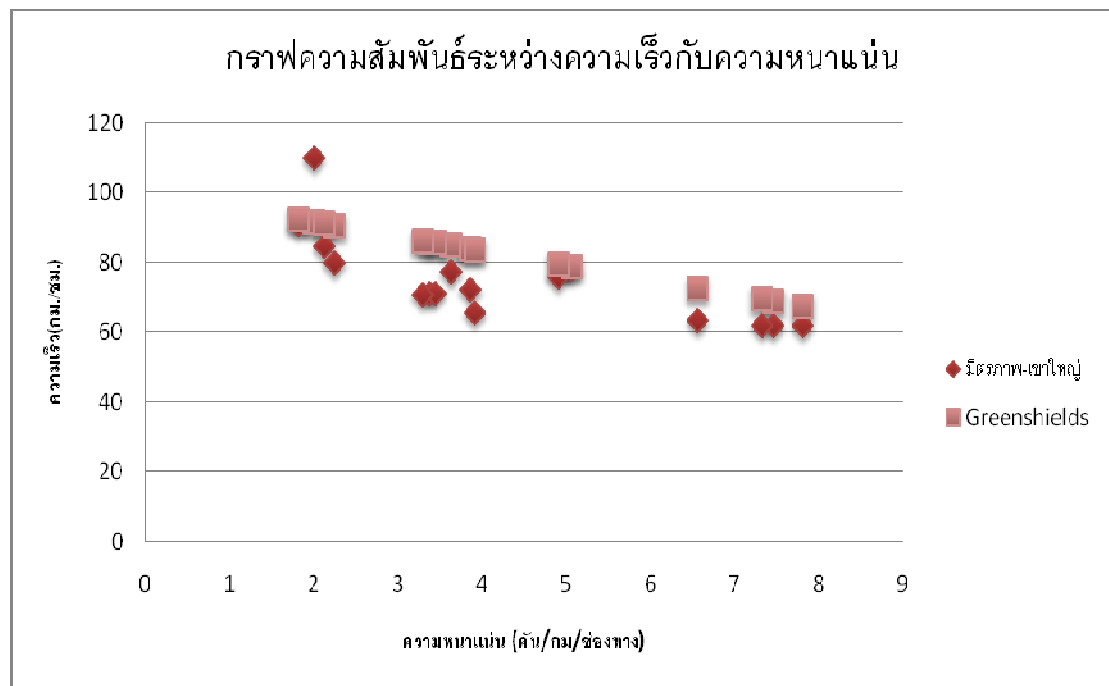
แบบจำลองของ Edie-Jam

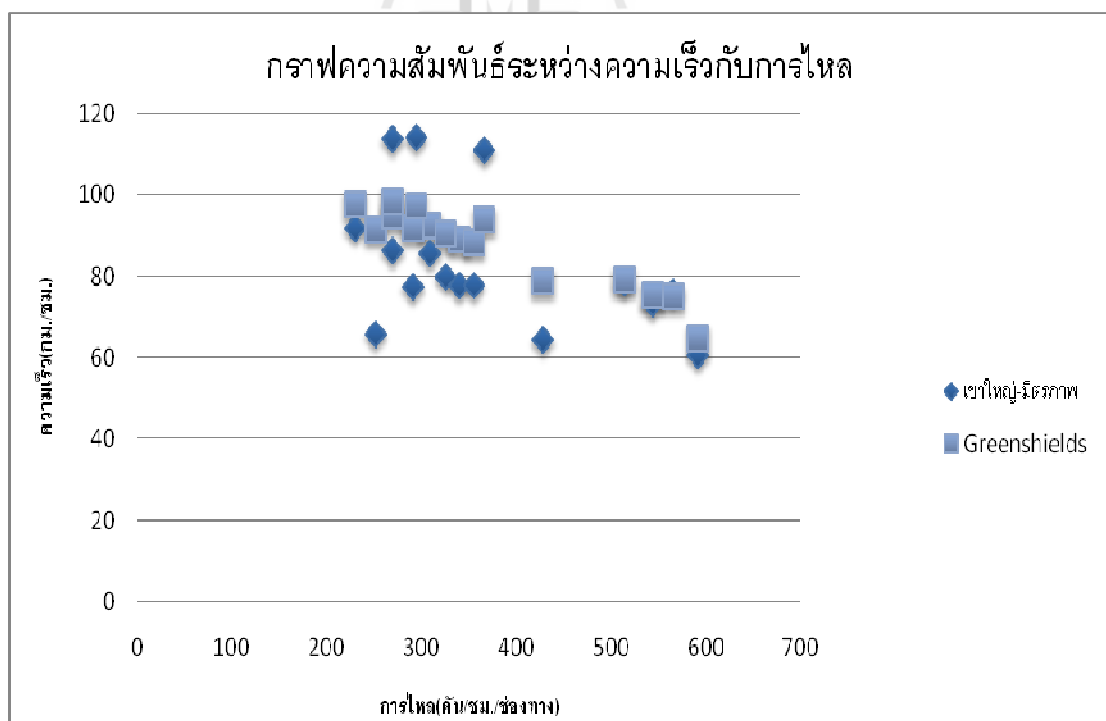
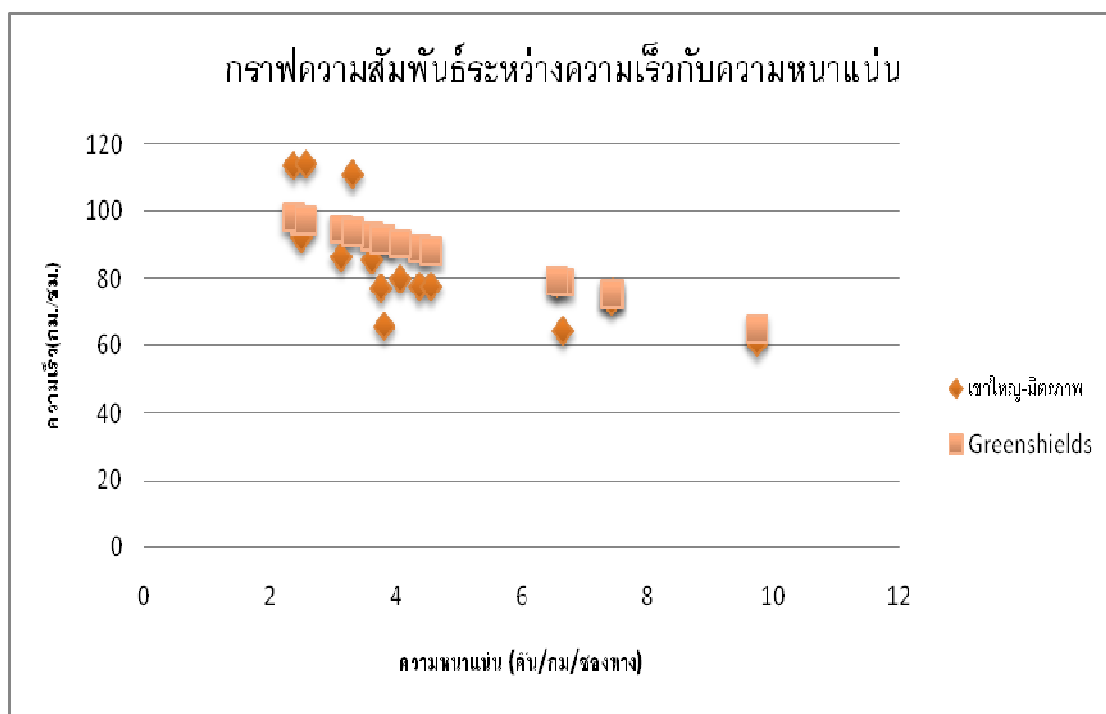




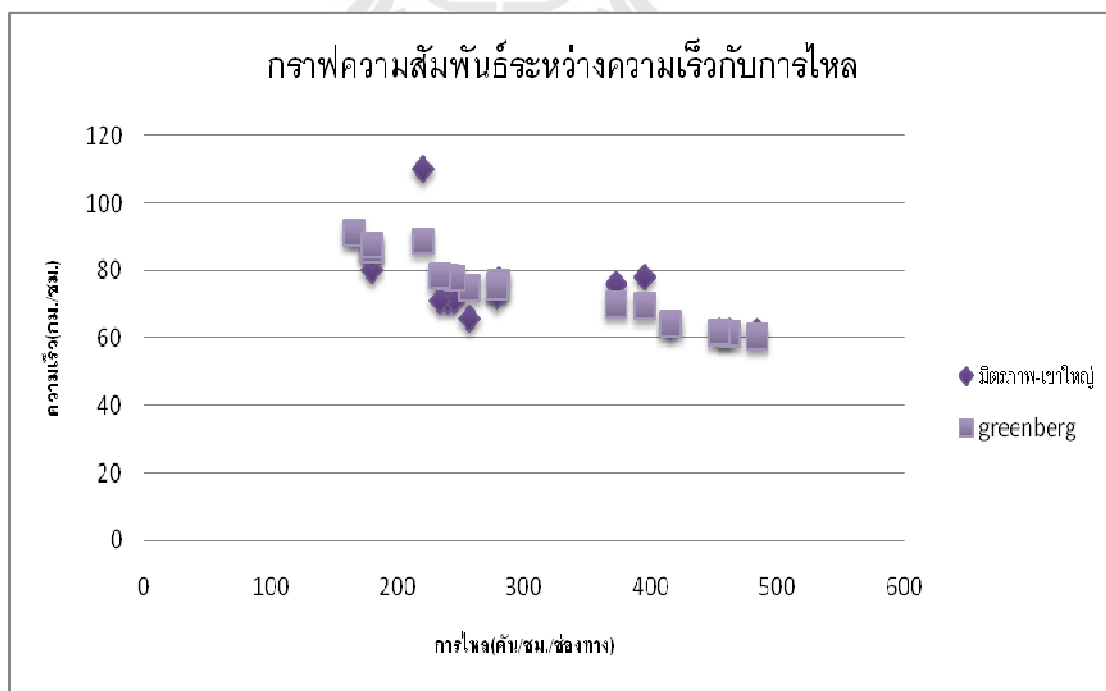
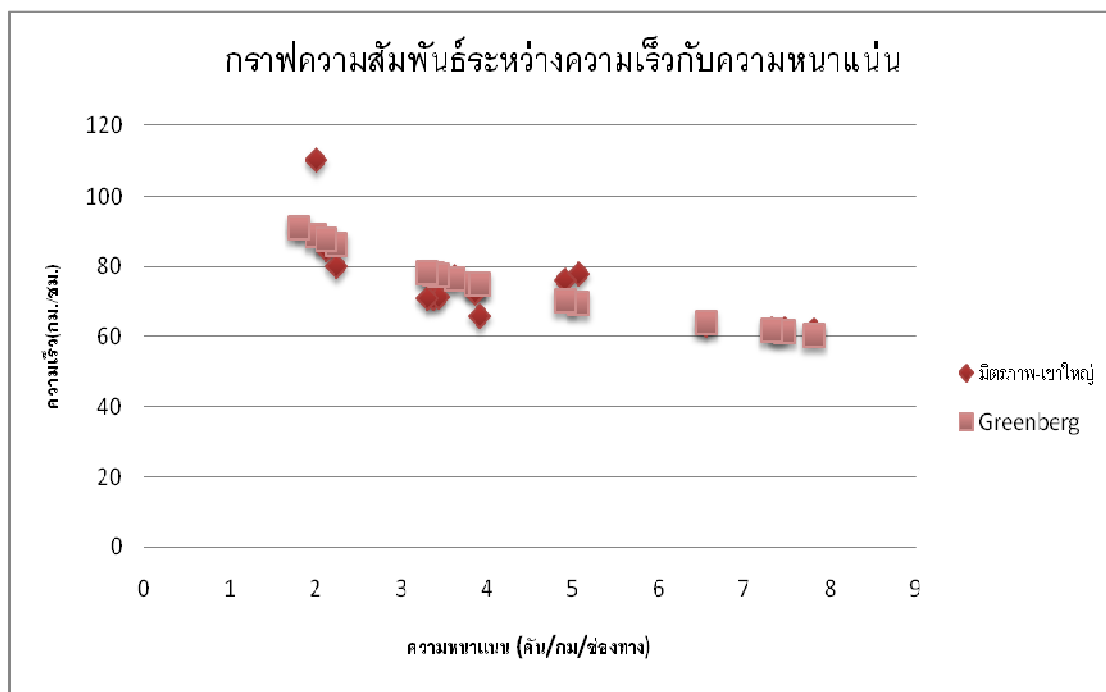
กราฟเปรียบเทียบความเร็ว (u) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากภาคสนามกับ (u) ของแบบจำลองต่าง ๆ ถนนช่วงที่ 2 กิโลเมตรที่ 4-8

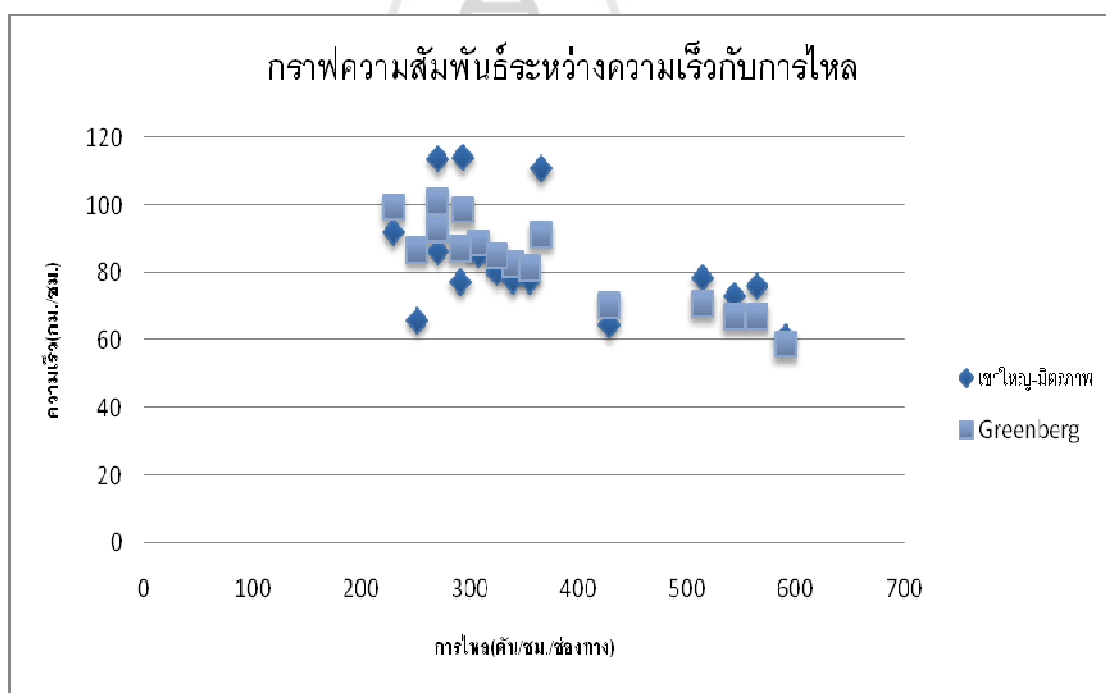
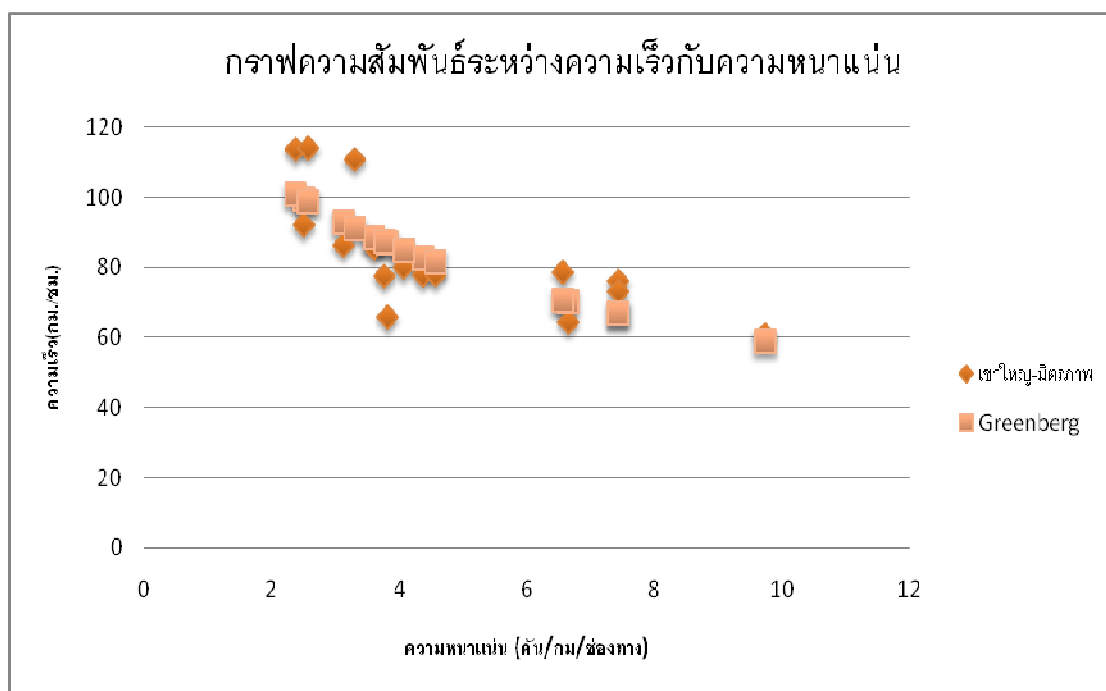
แบบจำลองของ Greenshields



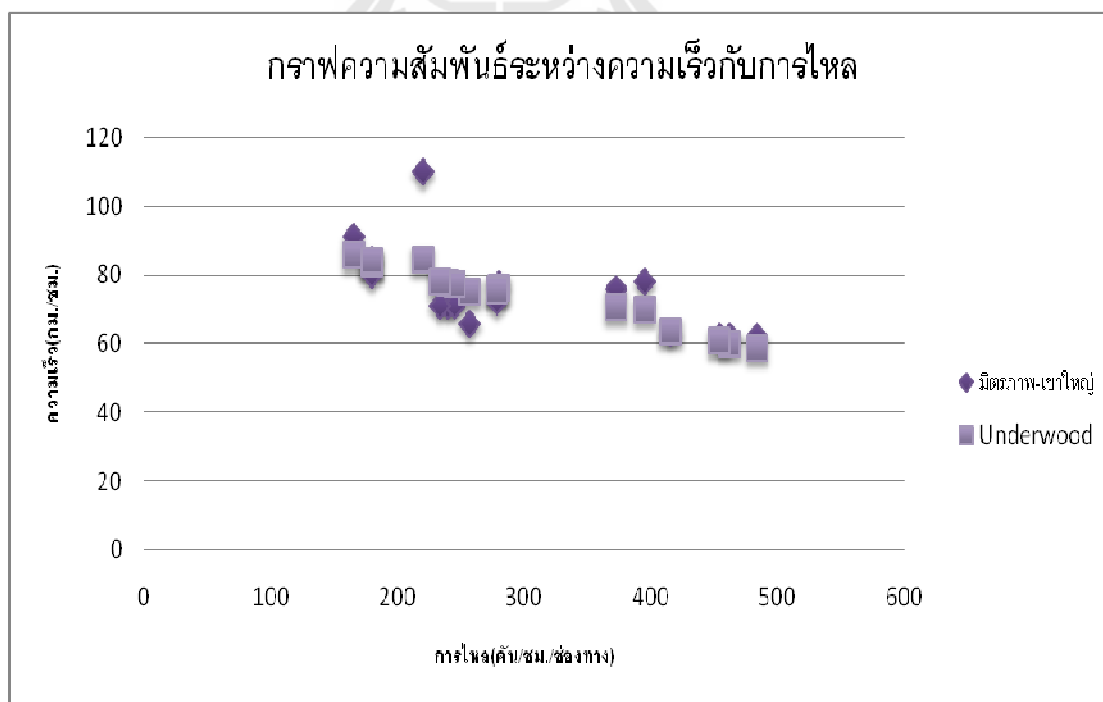
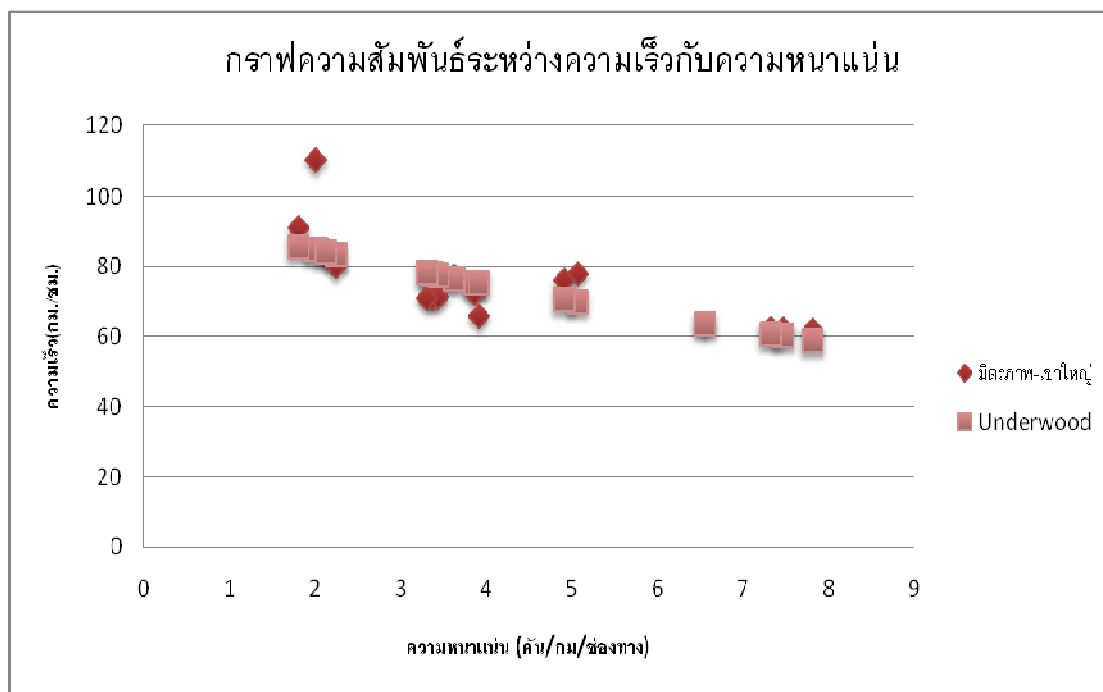


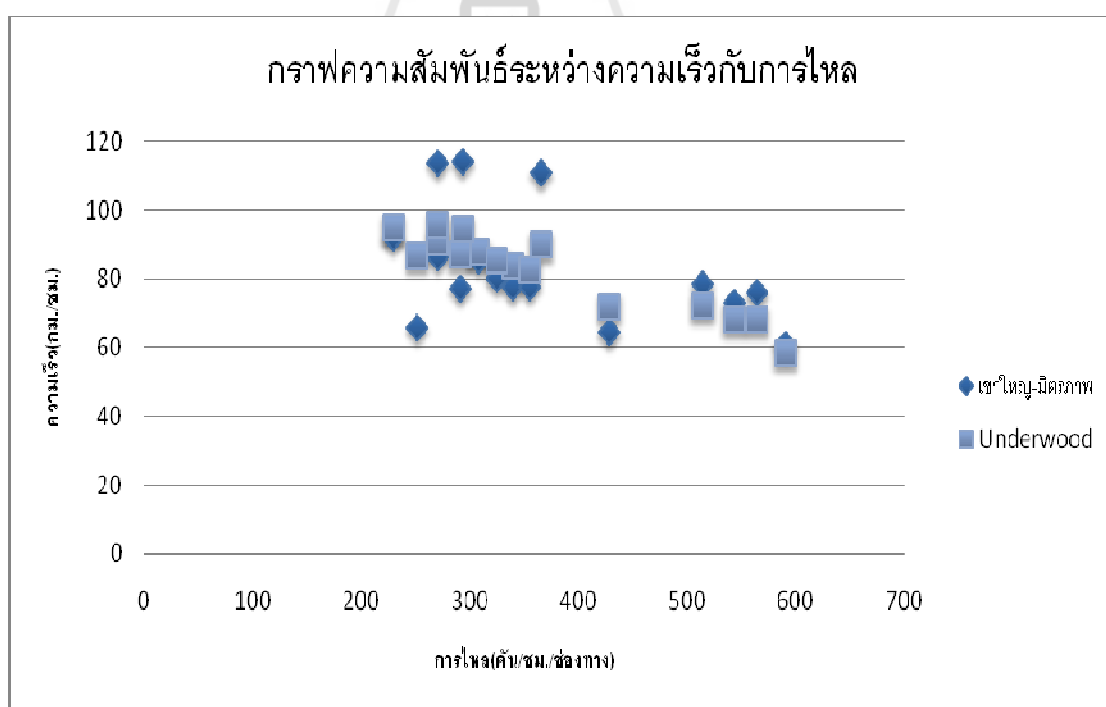
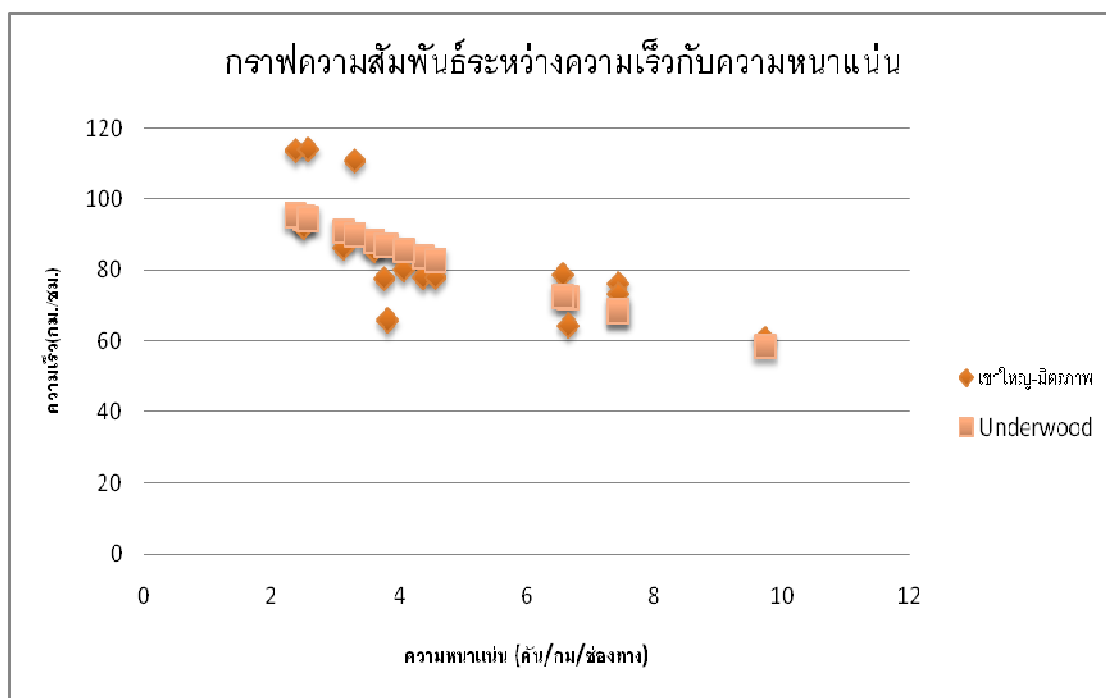
แบบจำลองของ Greenberg



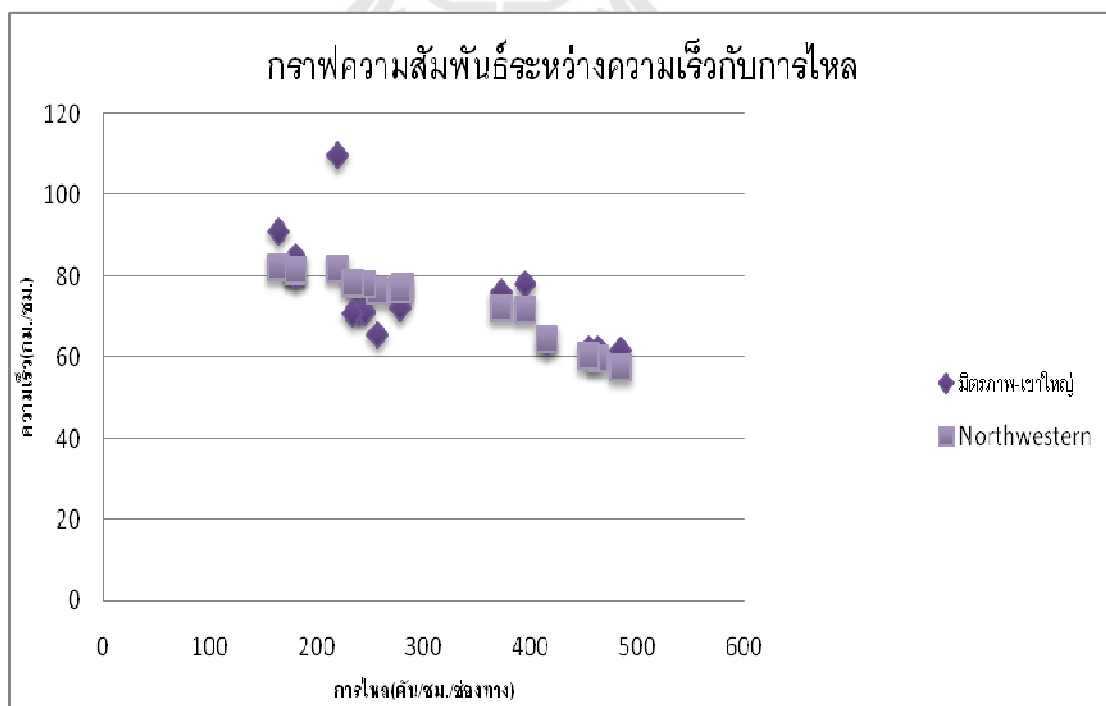
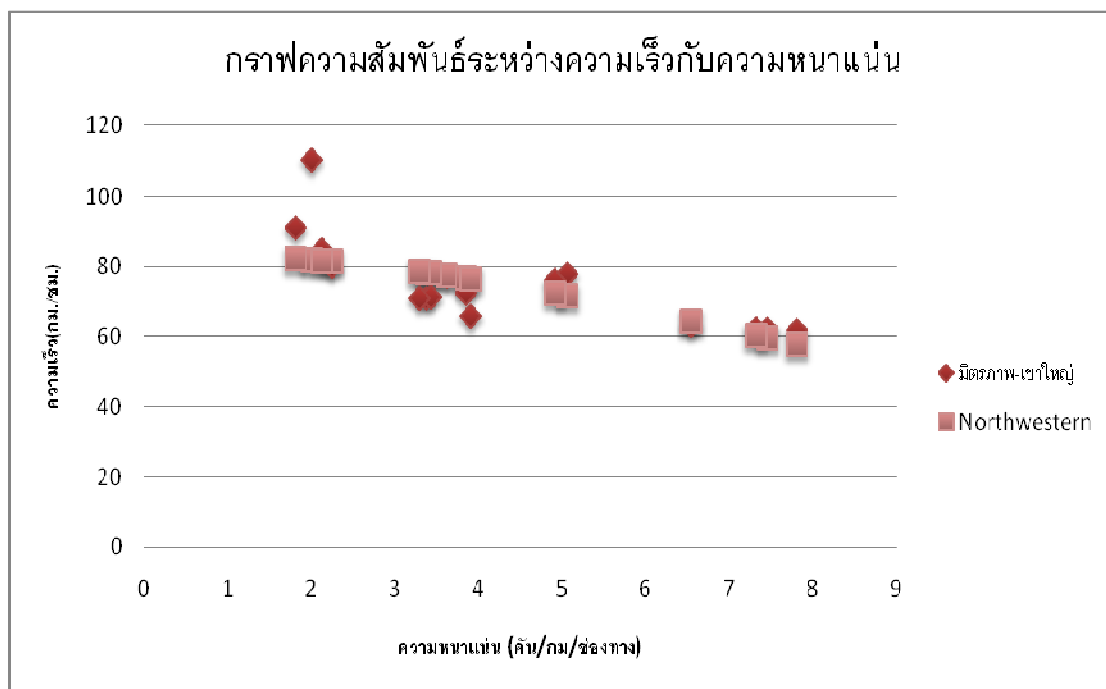


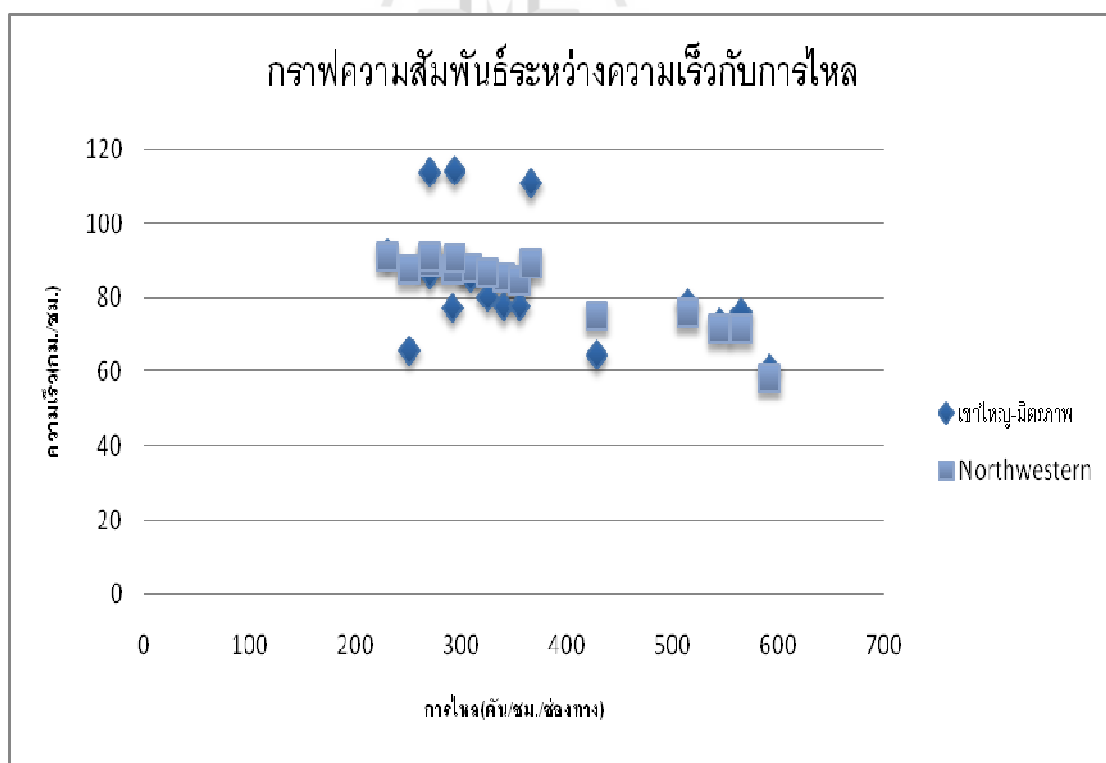
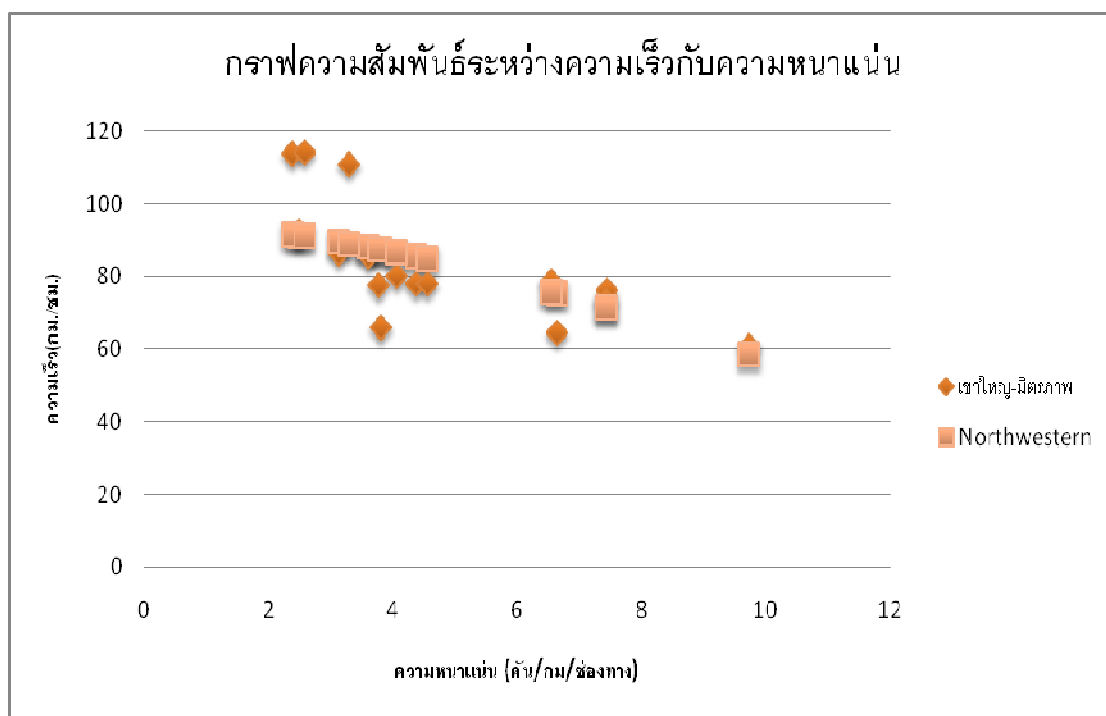
แบบจำลองของ Underwood



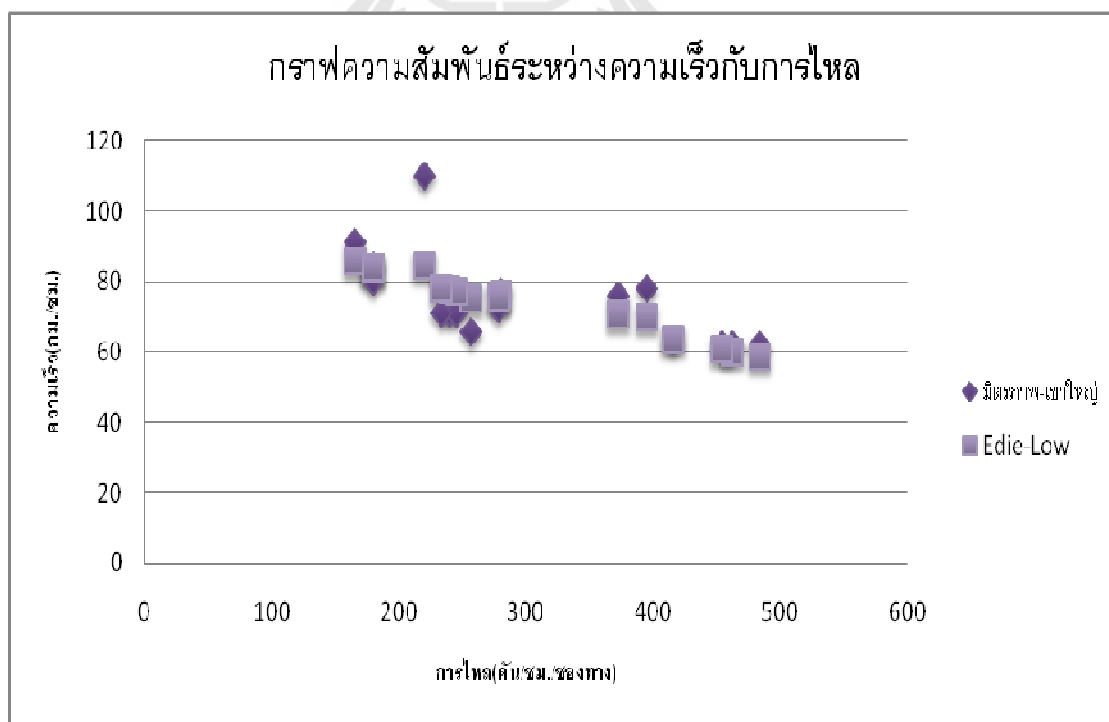
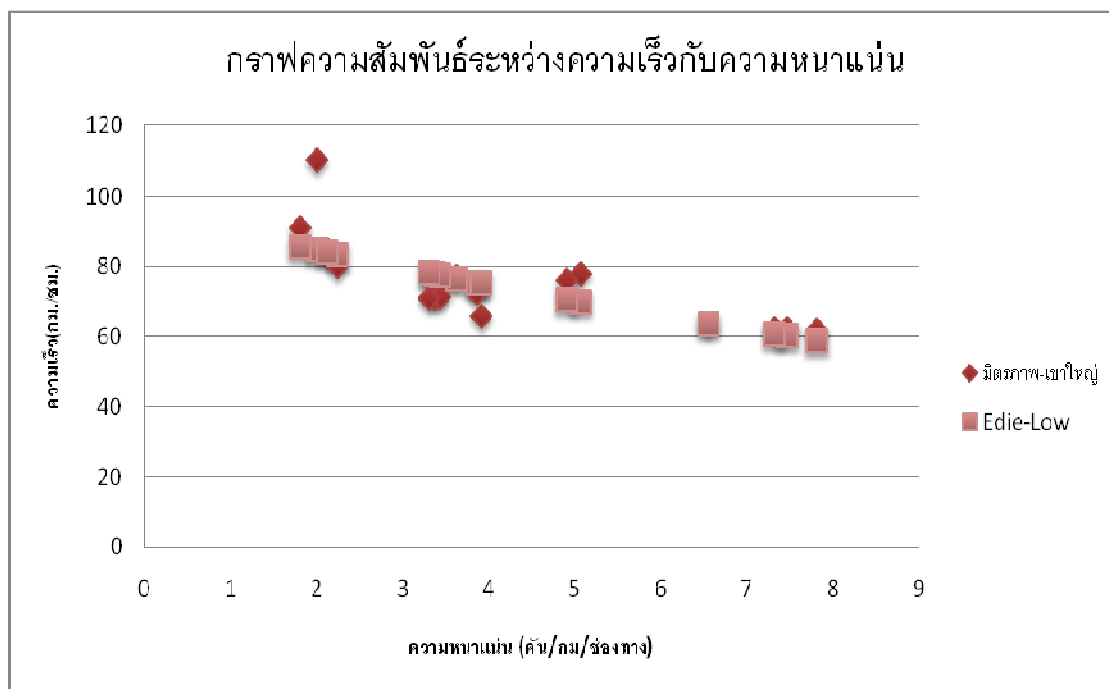


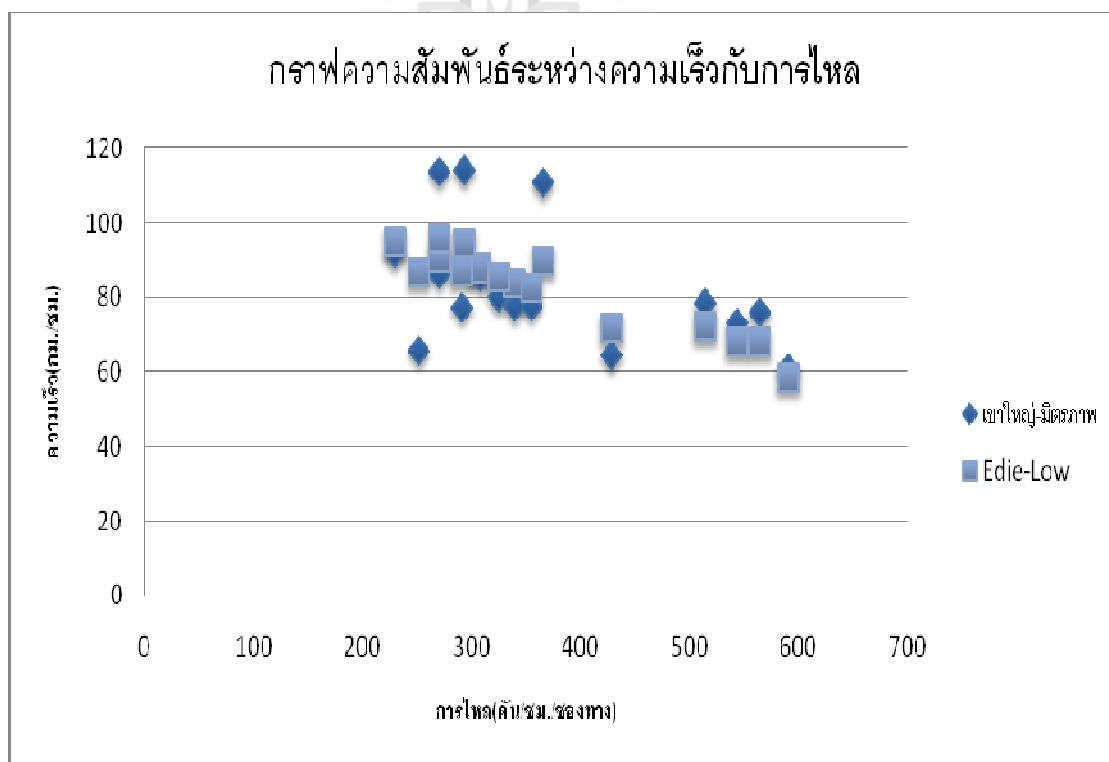
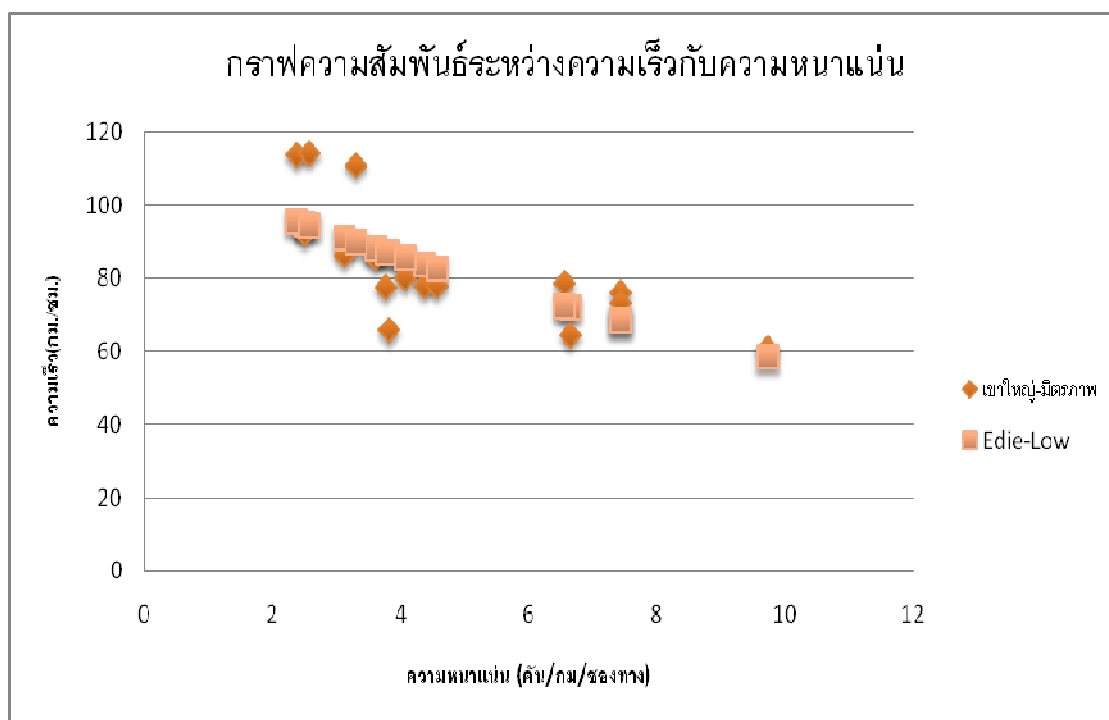
แบบจำลองของ Northwestern



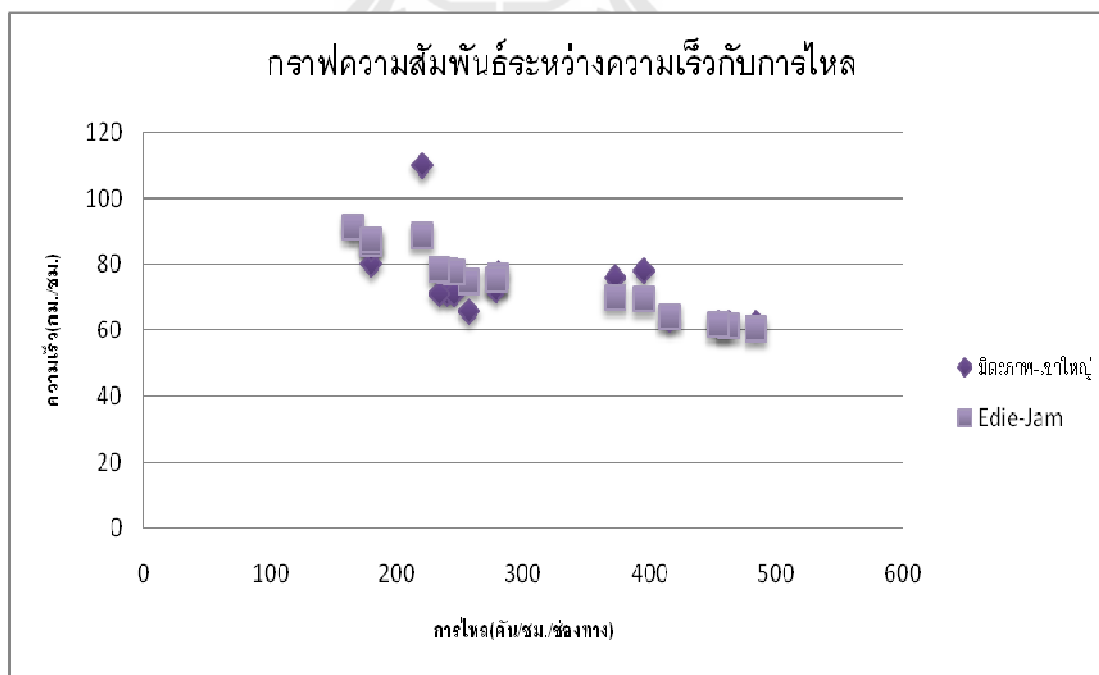
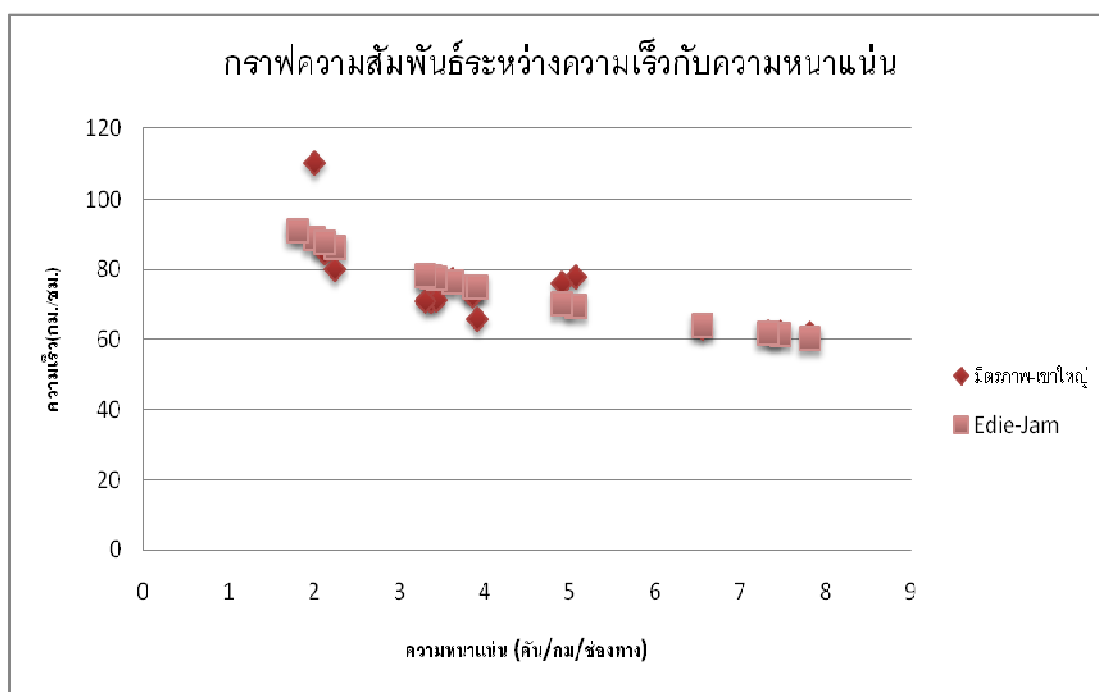


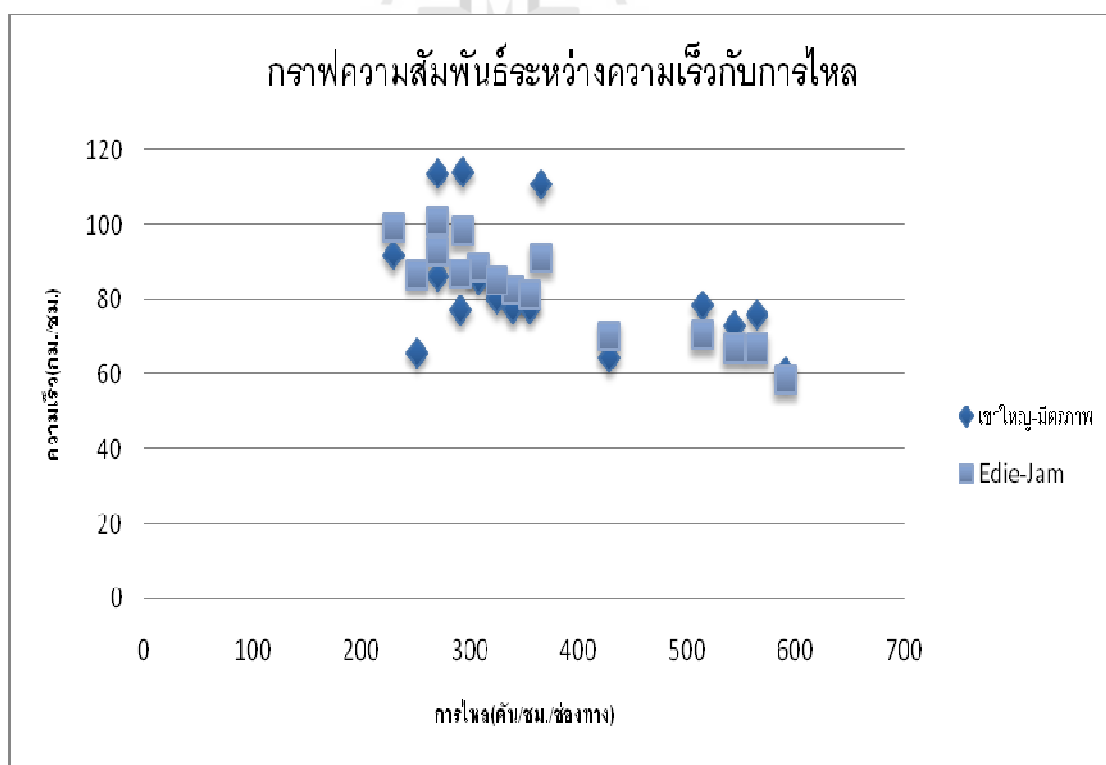
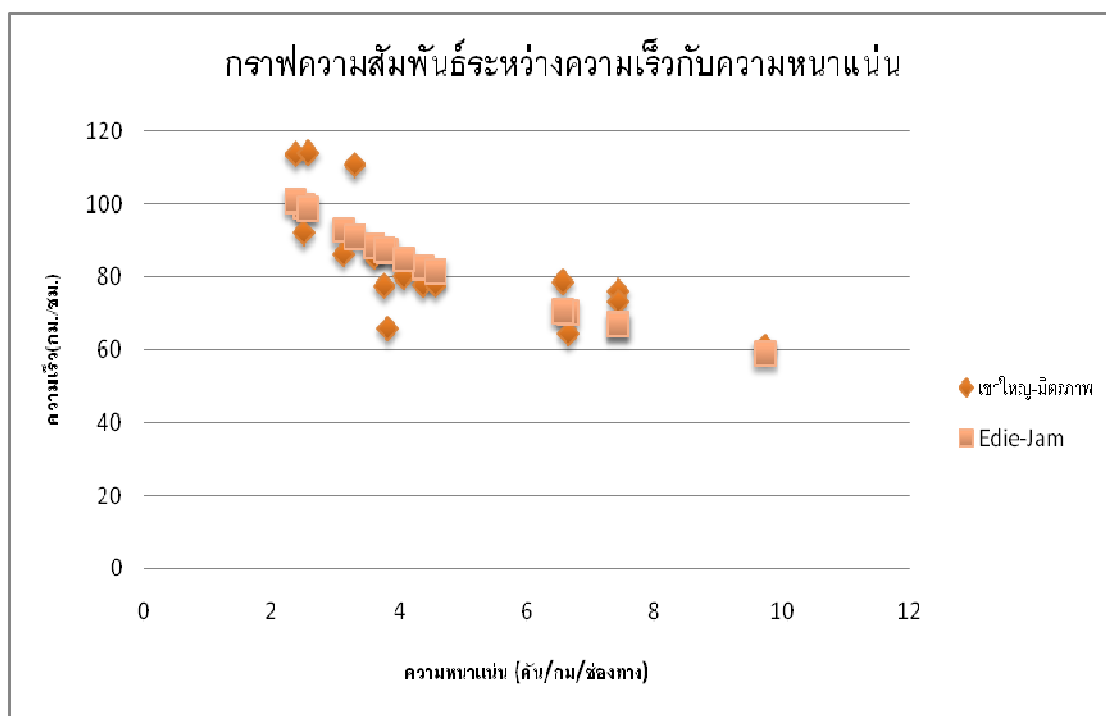
แบบจำลองของ Edie-Low





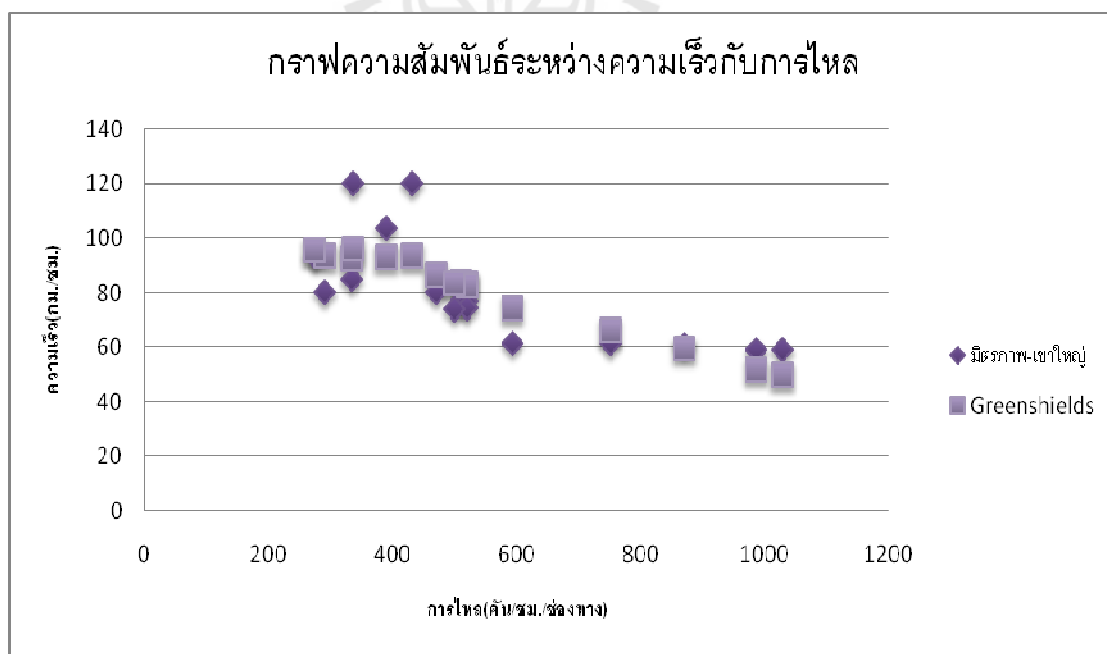
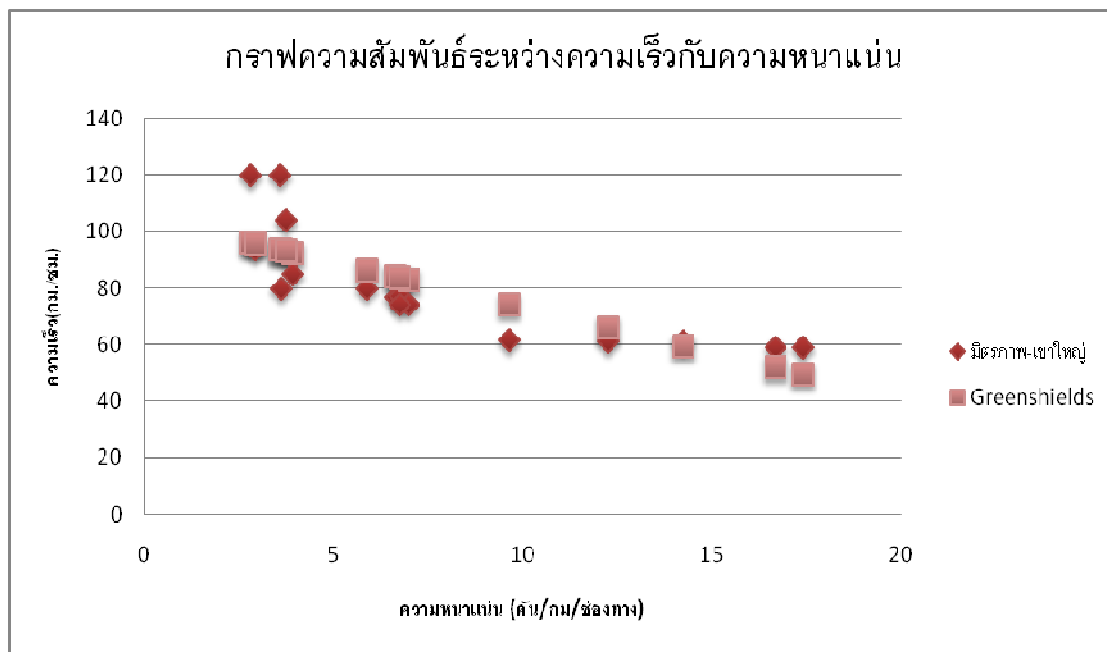
แบบจำลองของ Edie-Jam



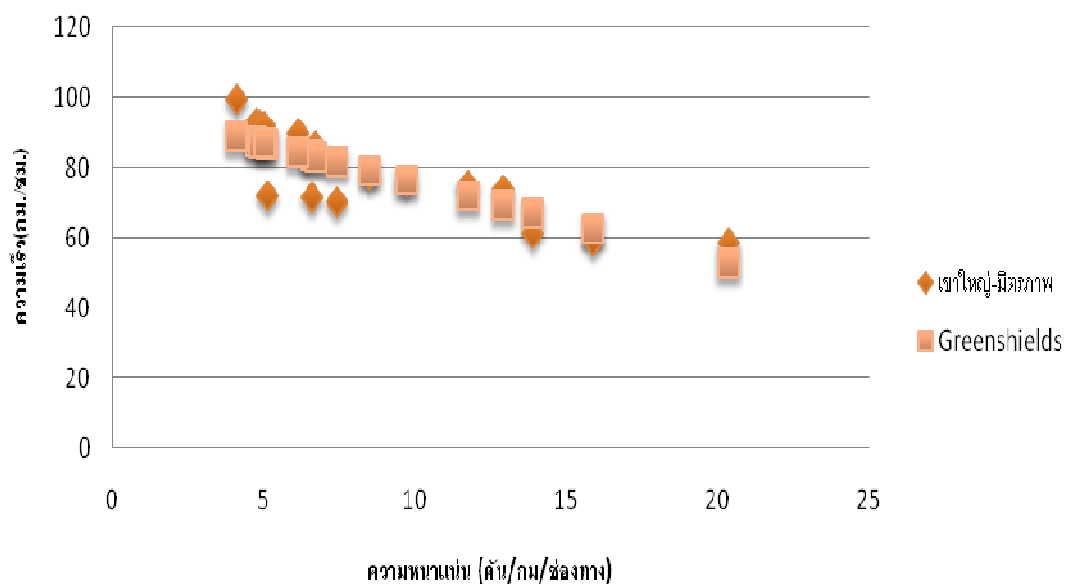


กราฟเปรียบเทียบความเร็ว (u) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากภาคสนามกับ (u) ของแบบจำลองต่าง ๆ ถนนช่วงที่ 3 กิโลเมตรที่ 8-12

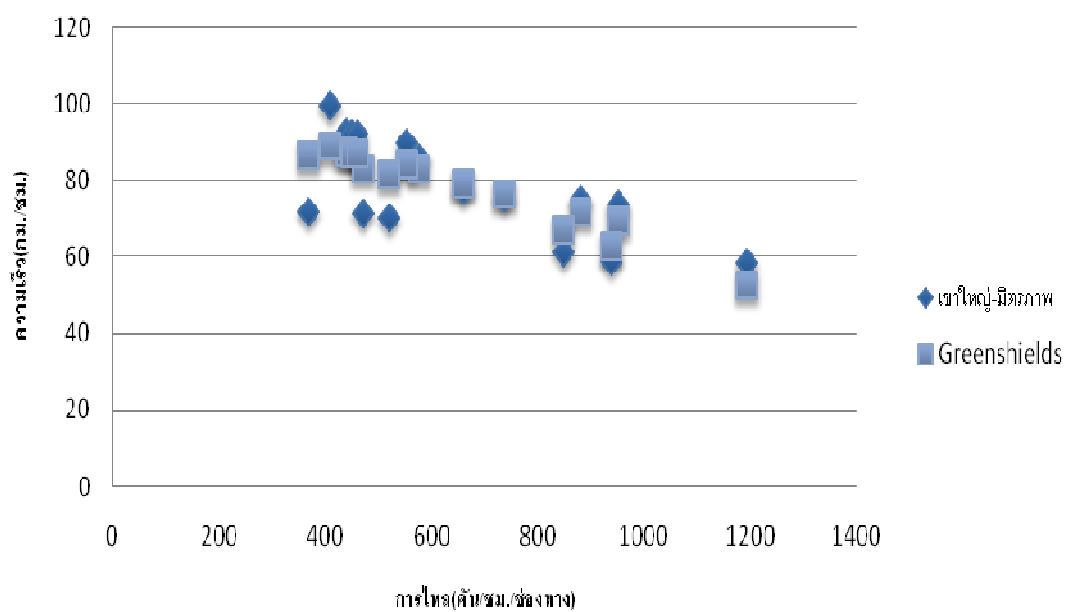
แบบจำลองของ Greenshields



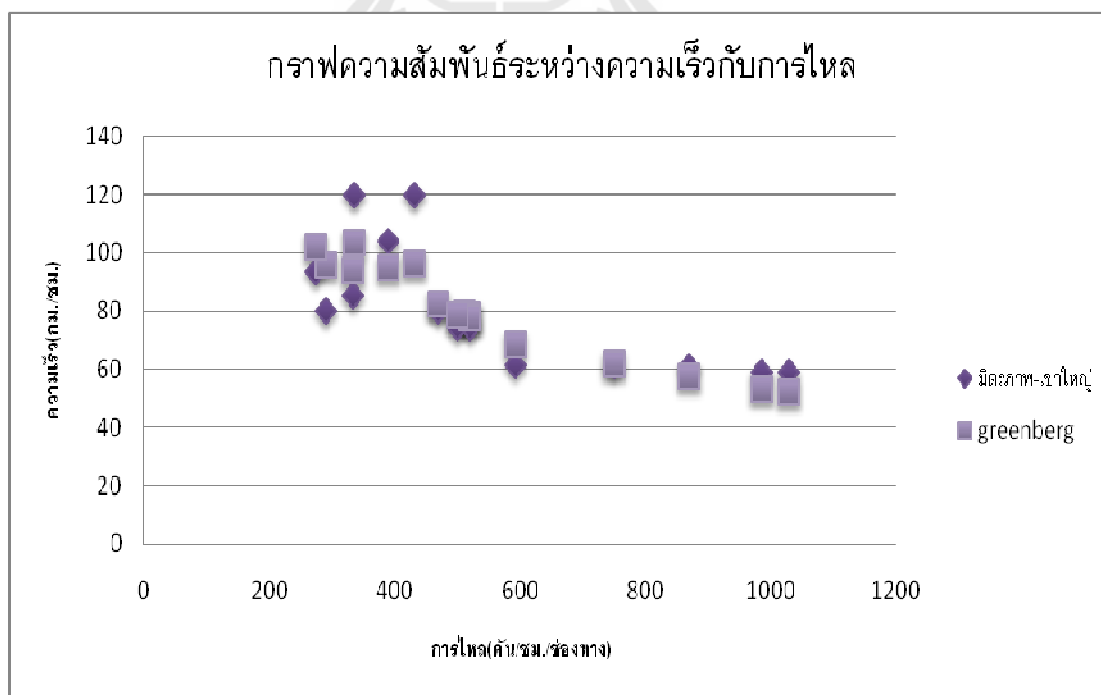
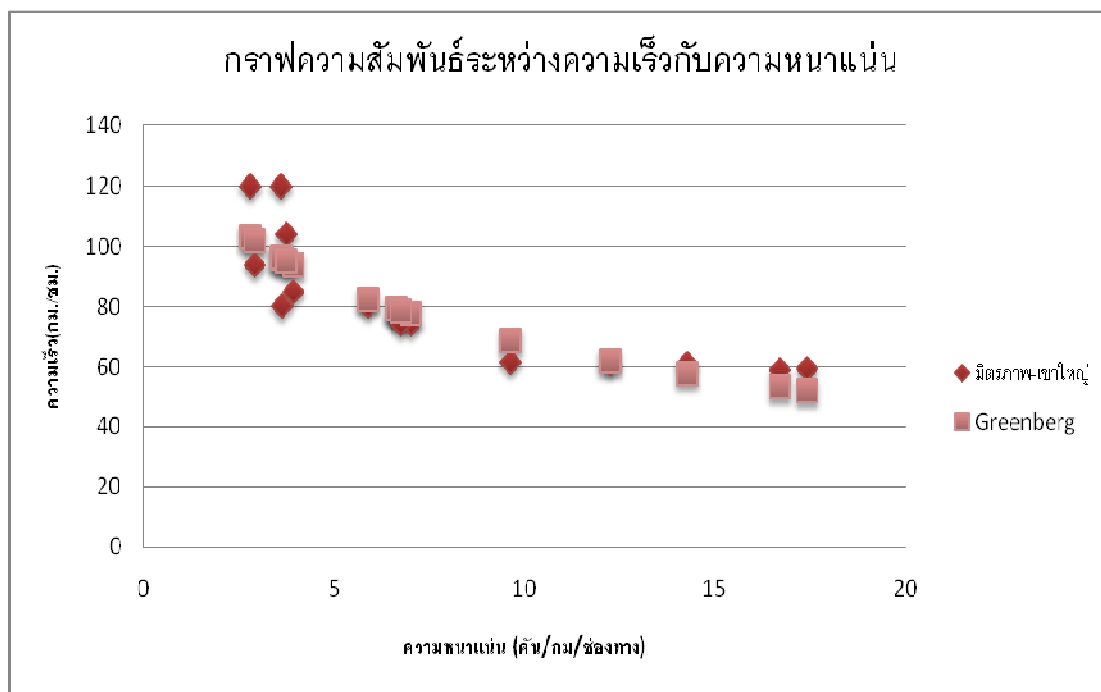
กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับความหนาแน่น

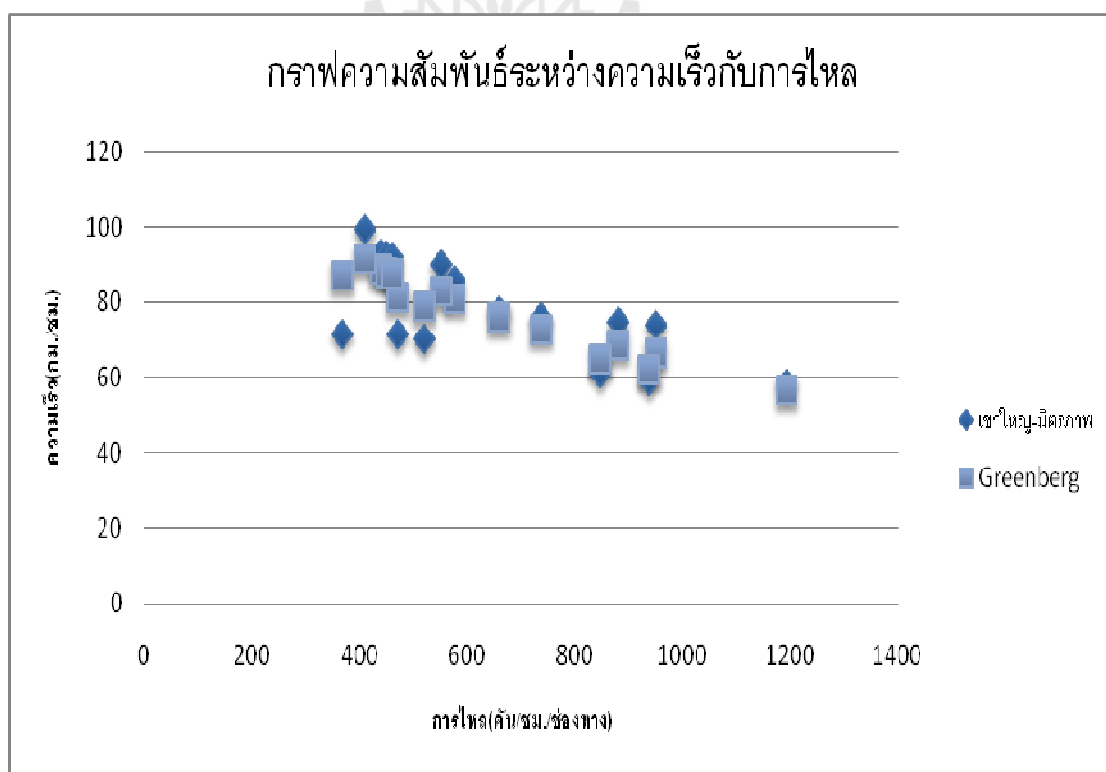
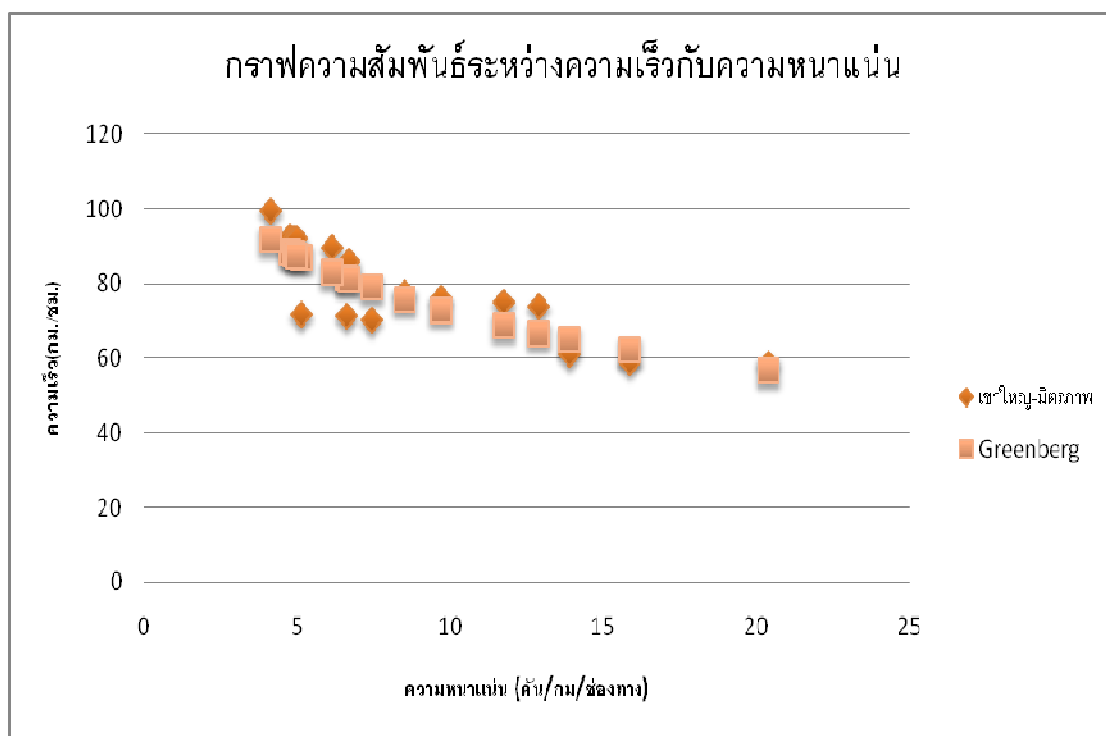


กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วกับการไหล

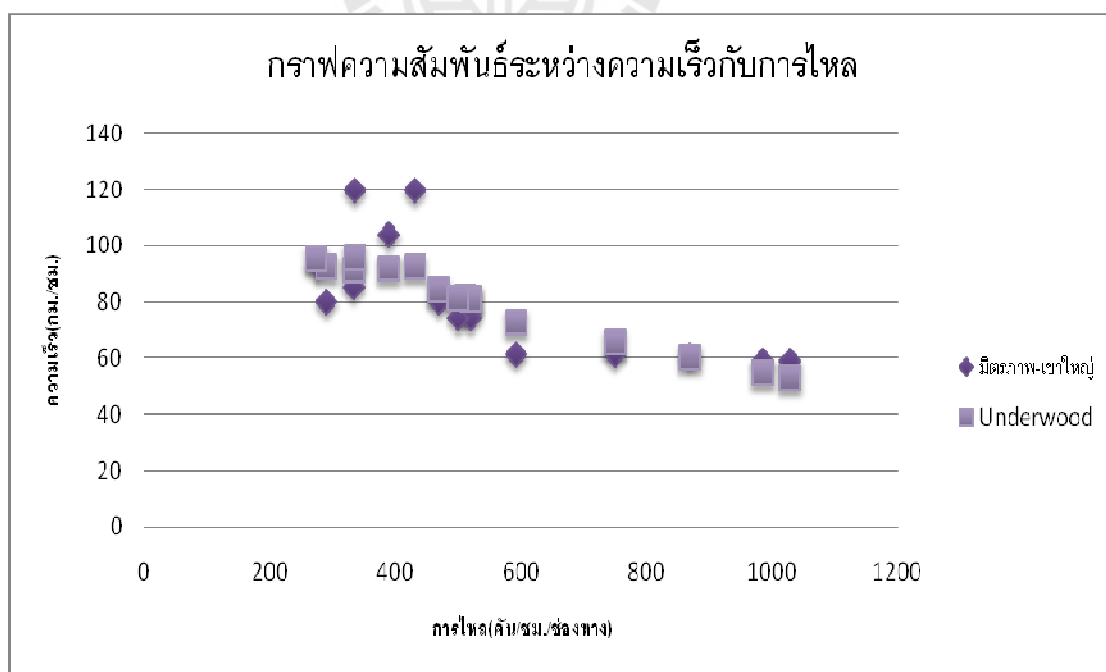
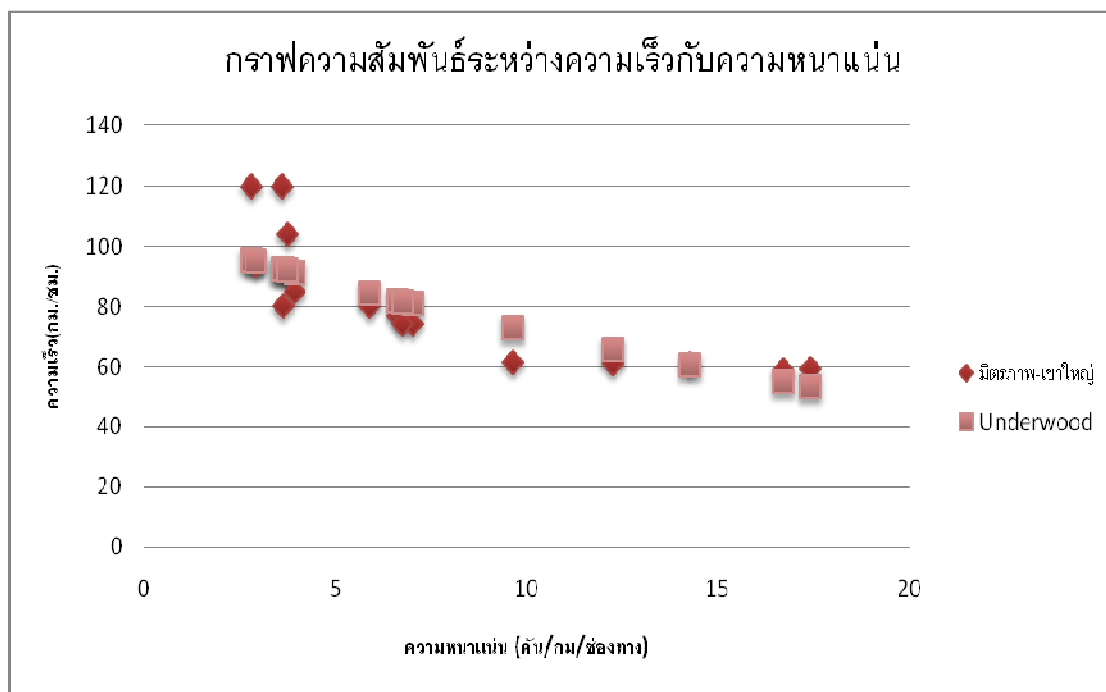


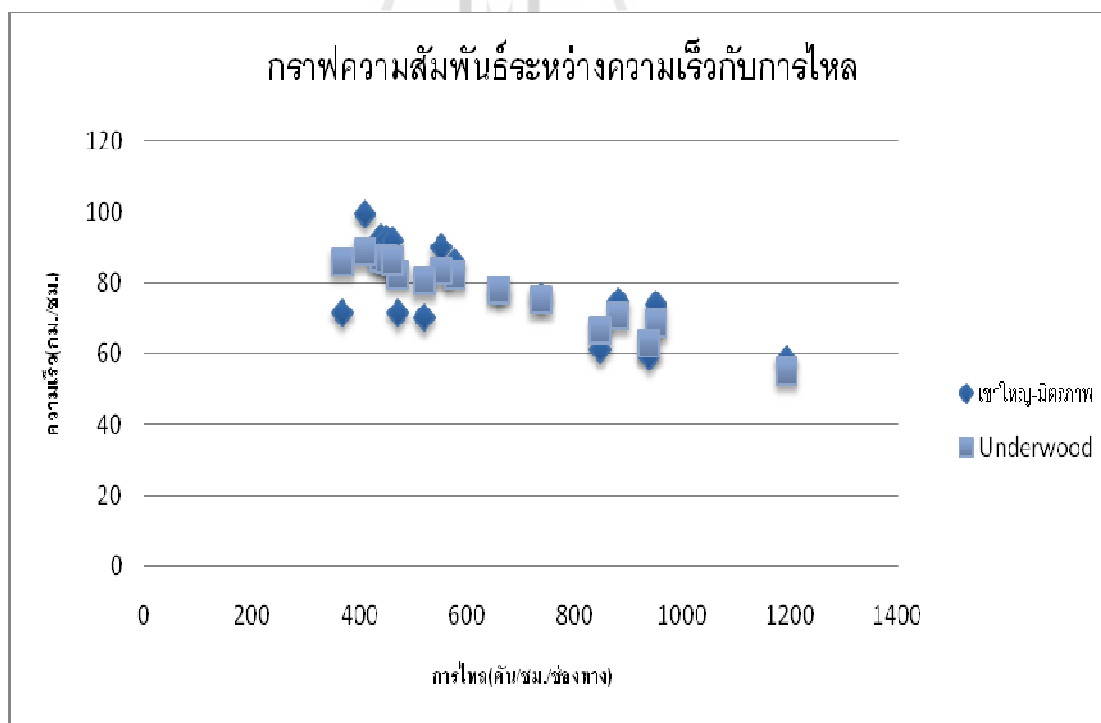
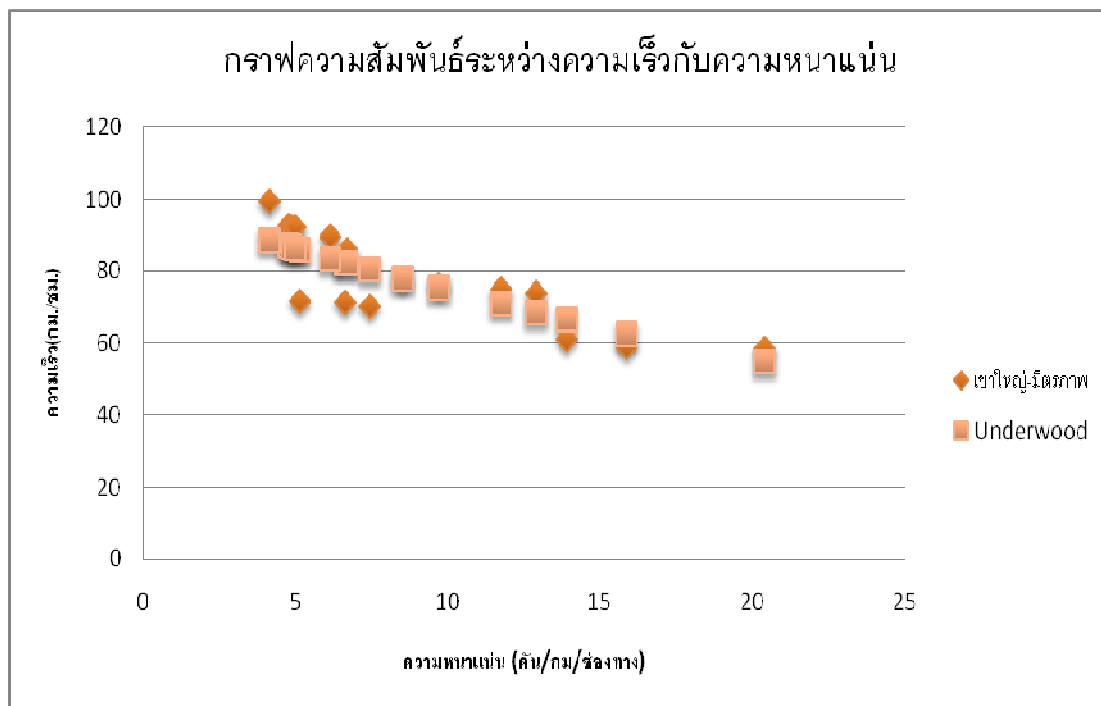
แบบจำลองของ Greenberg



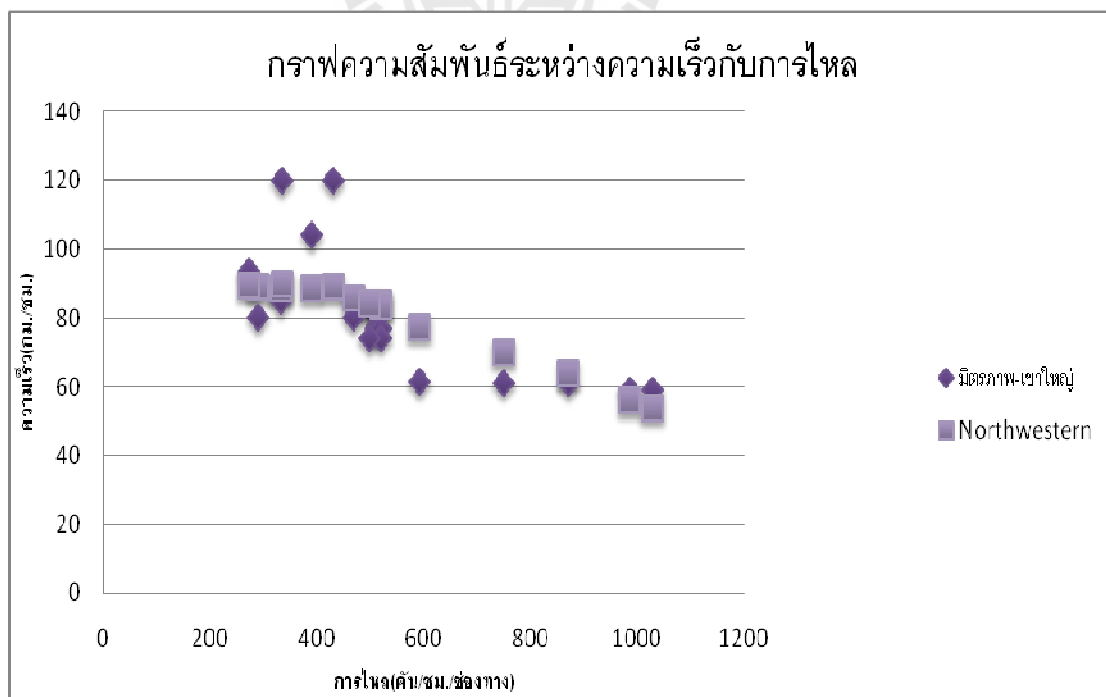
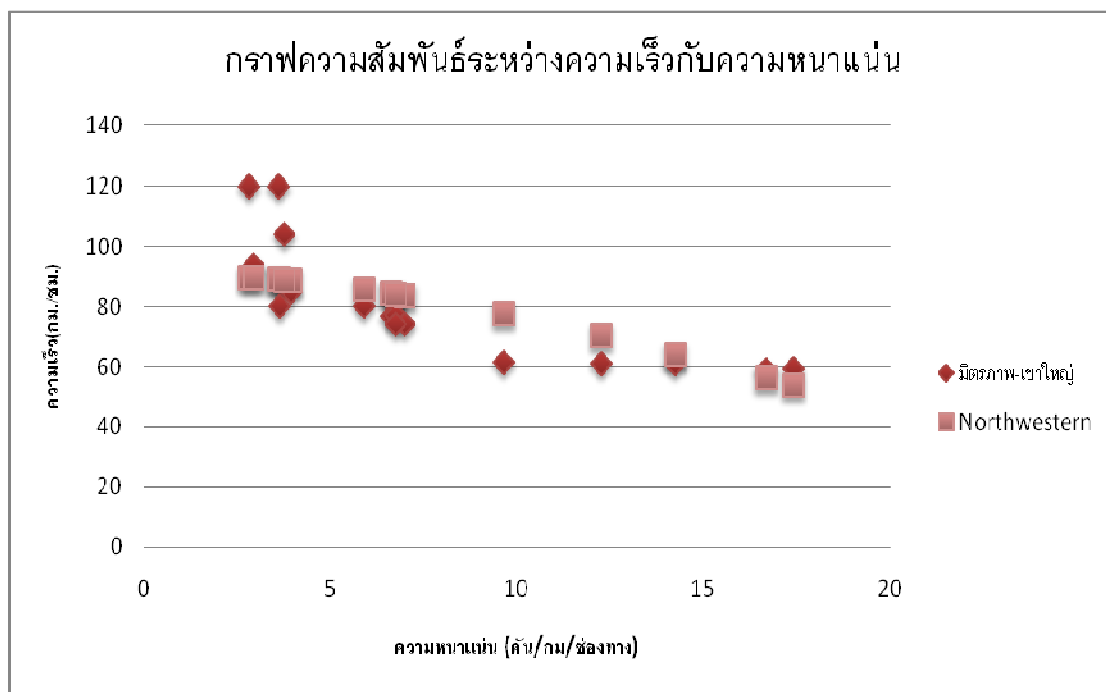


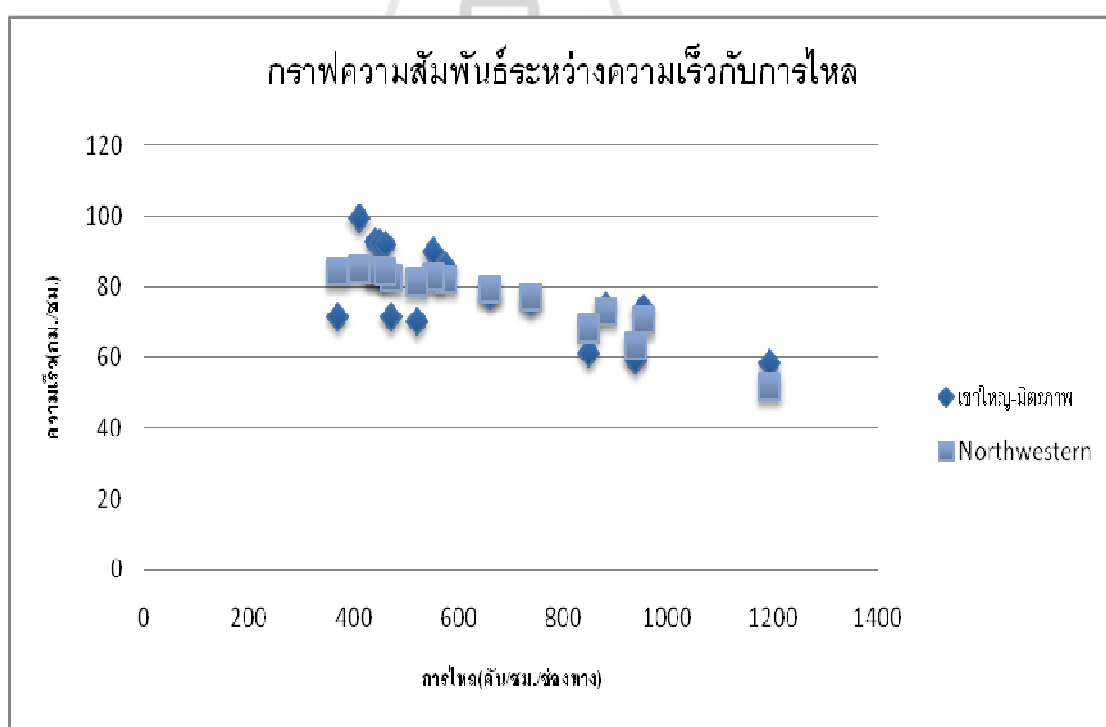
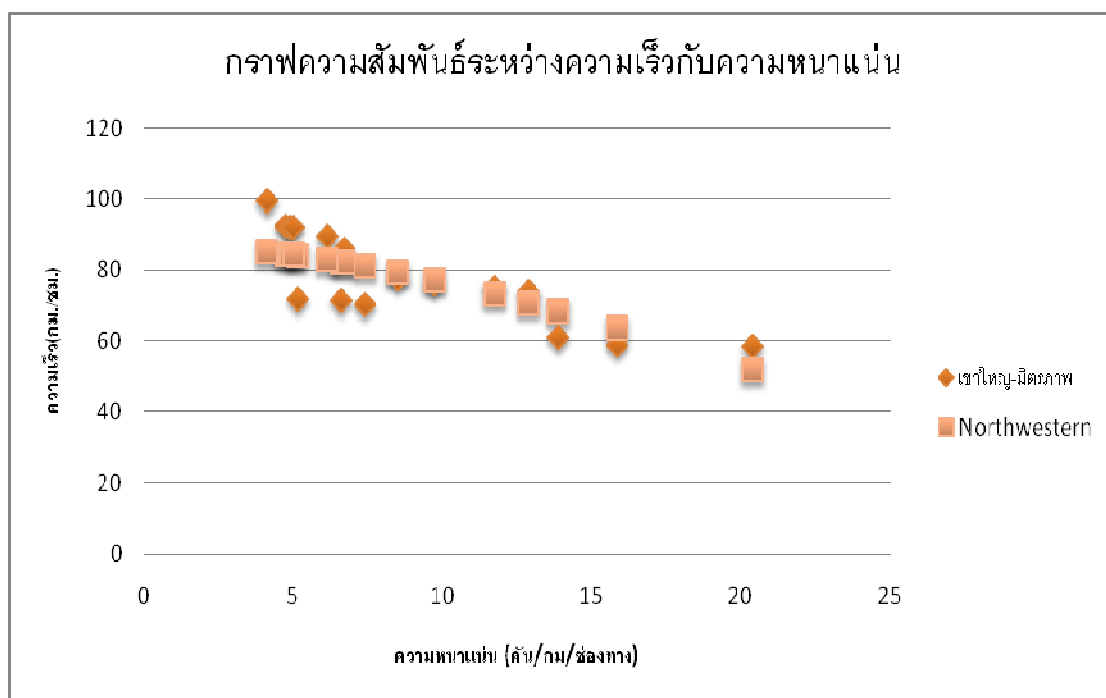
แบบจำลองของ Underwood



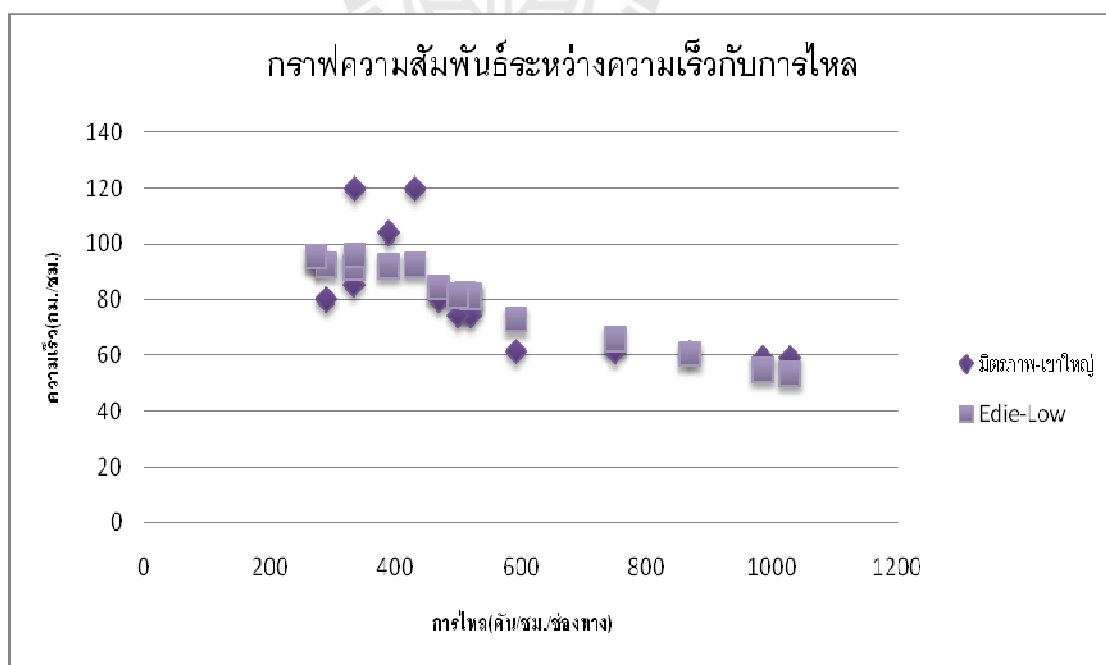
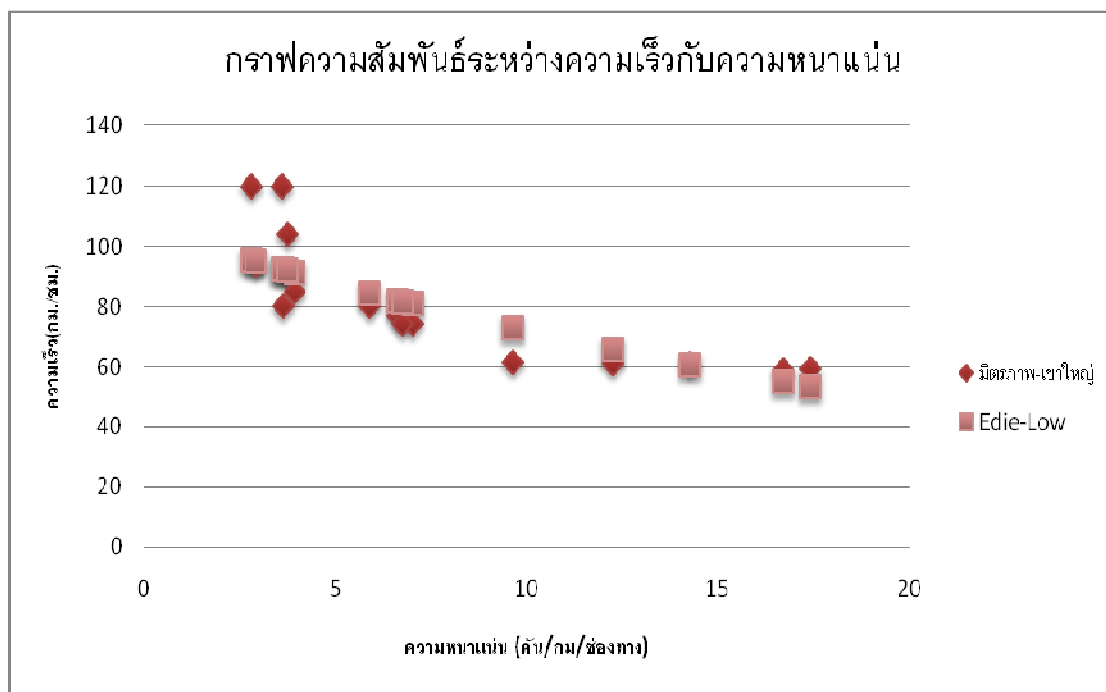


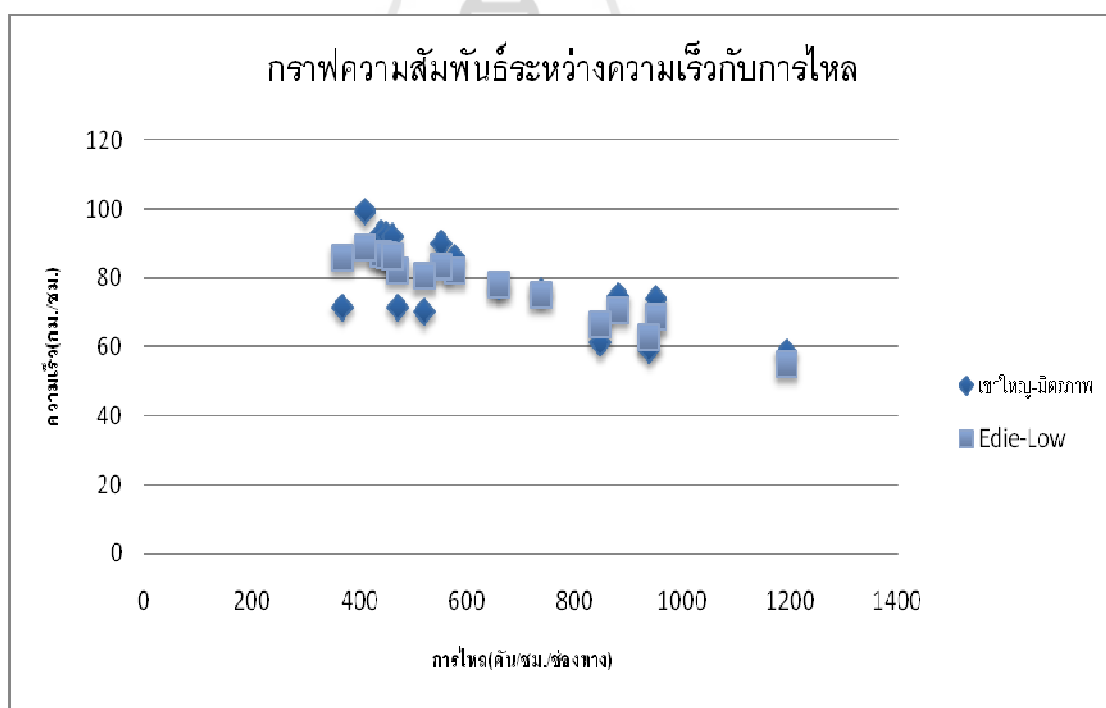
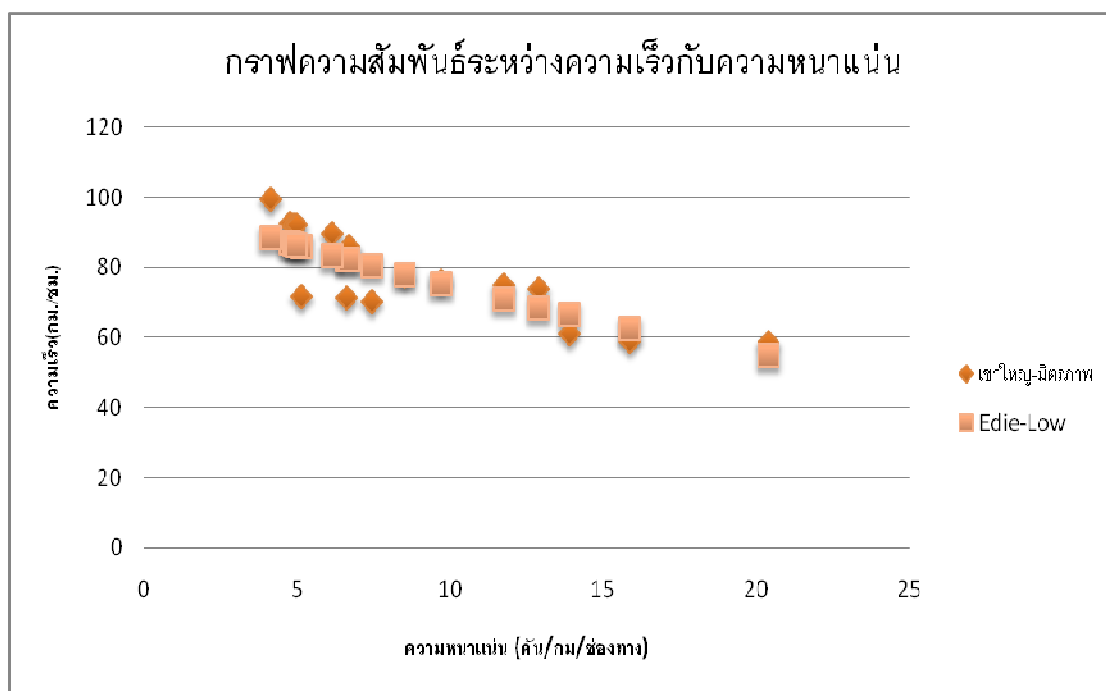
แบบจำลองของ Northwestern



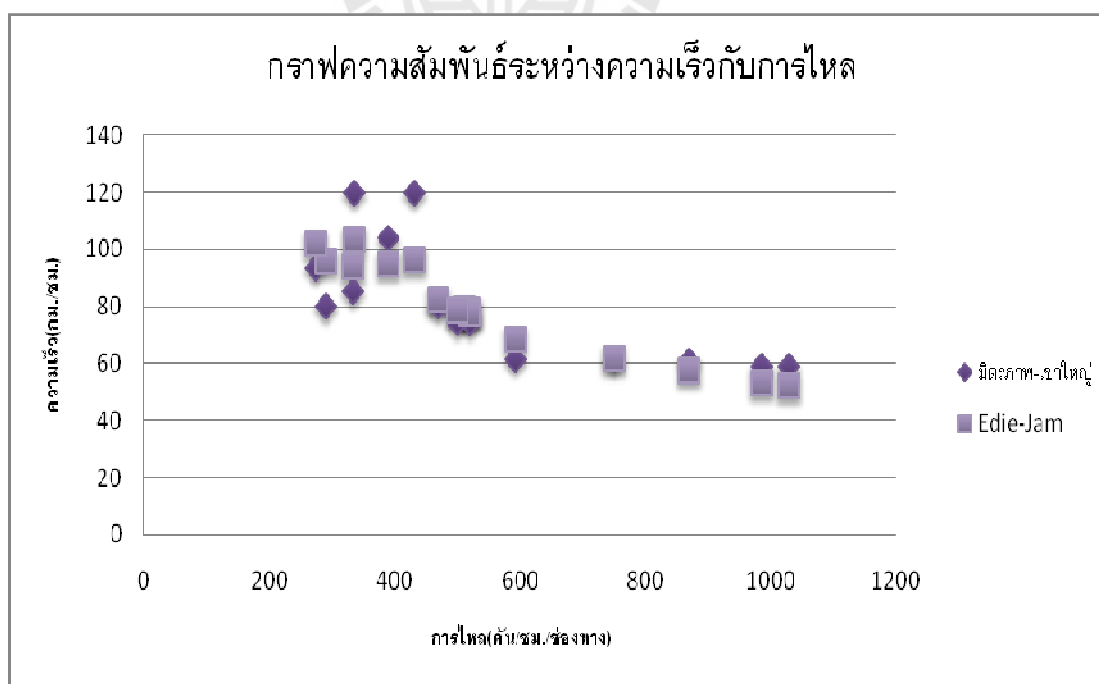
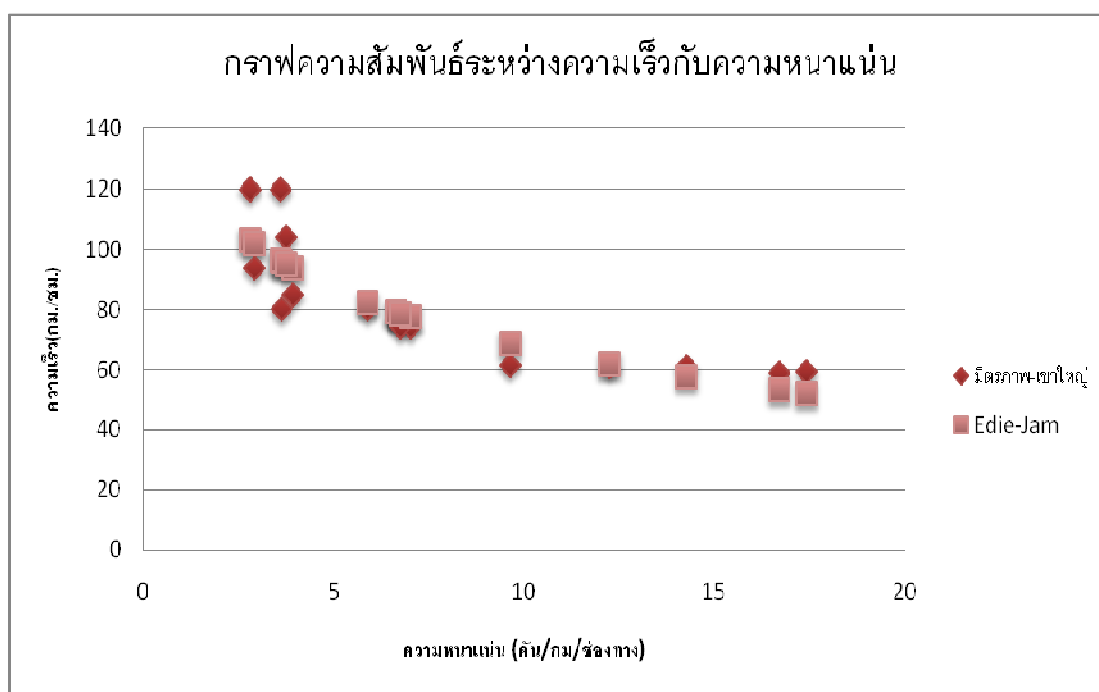


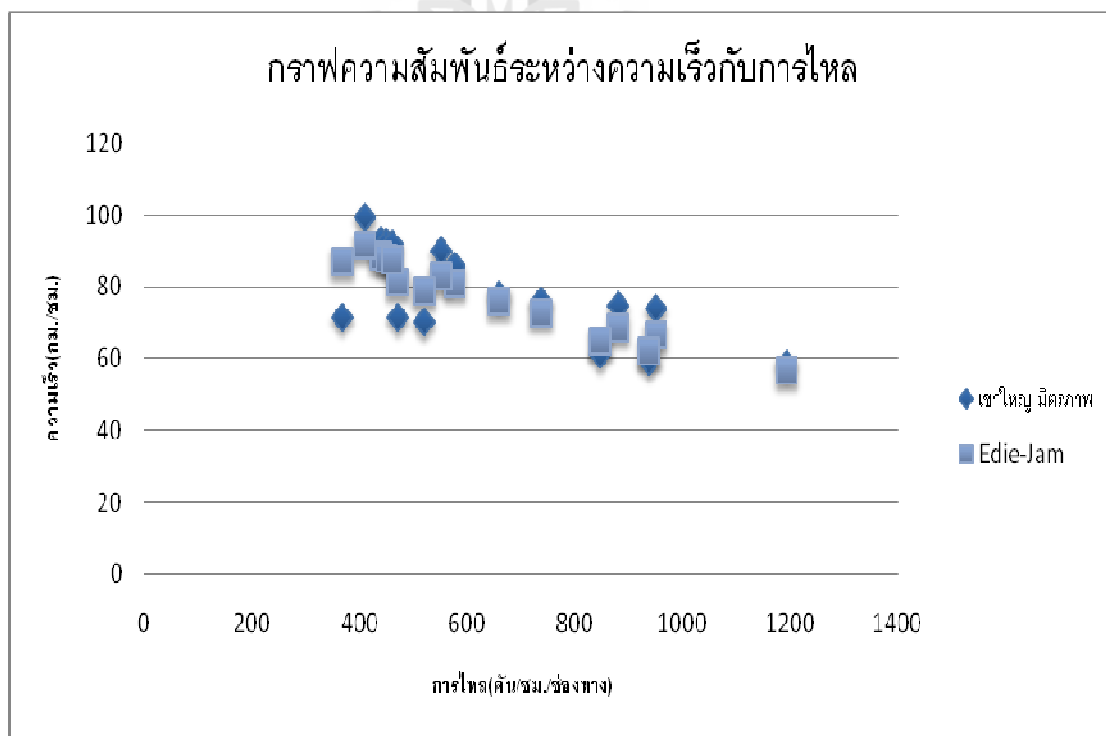
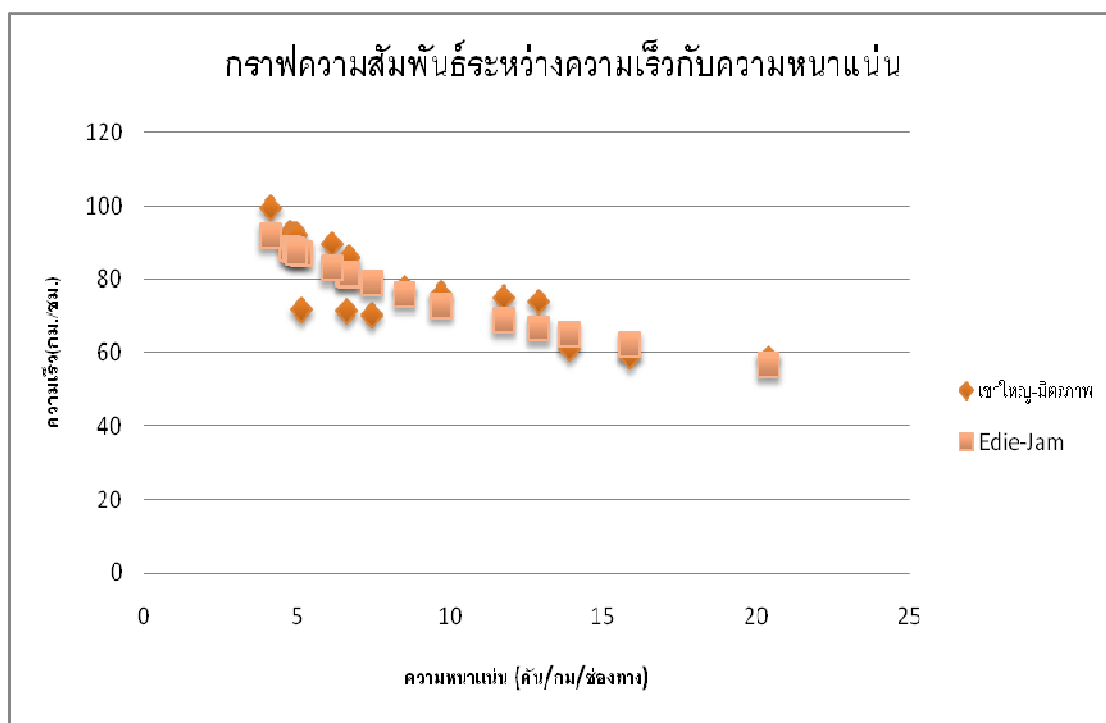
แบบจำลองของ Edie-Low





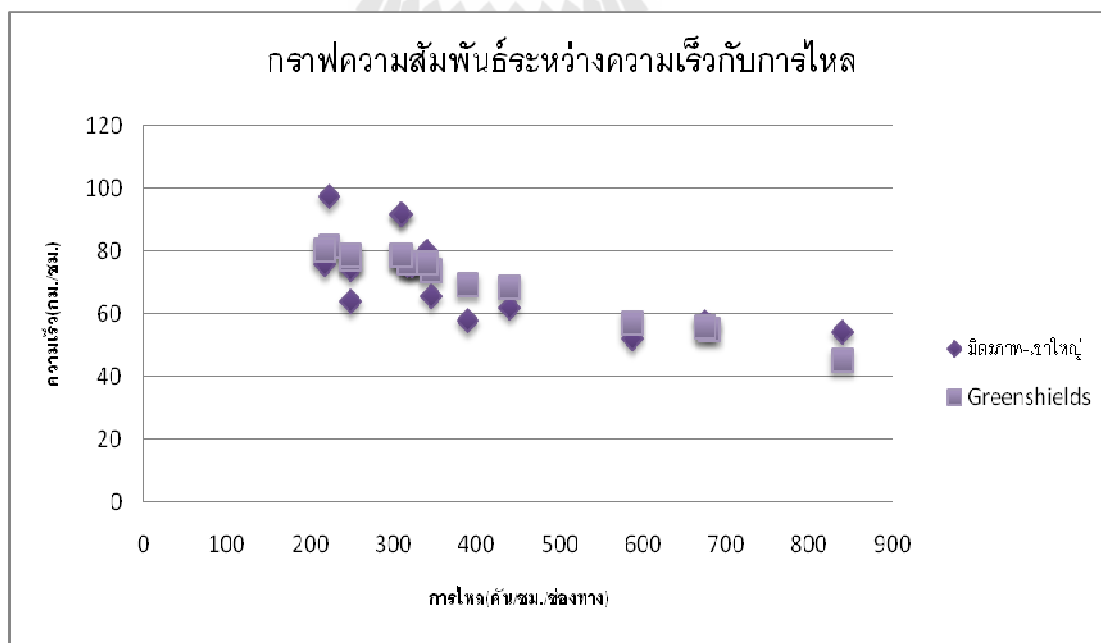
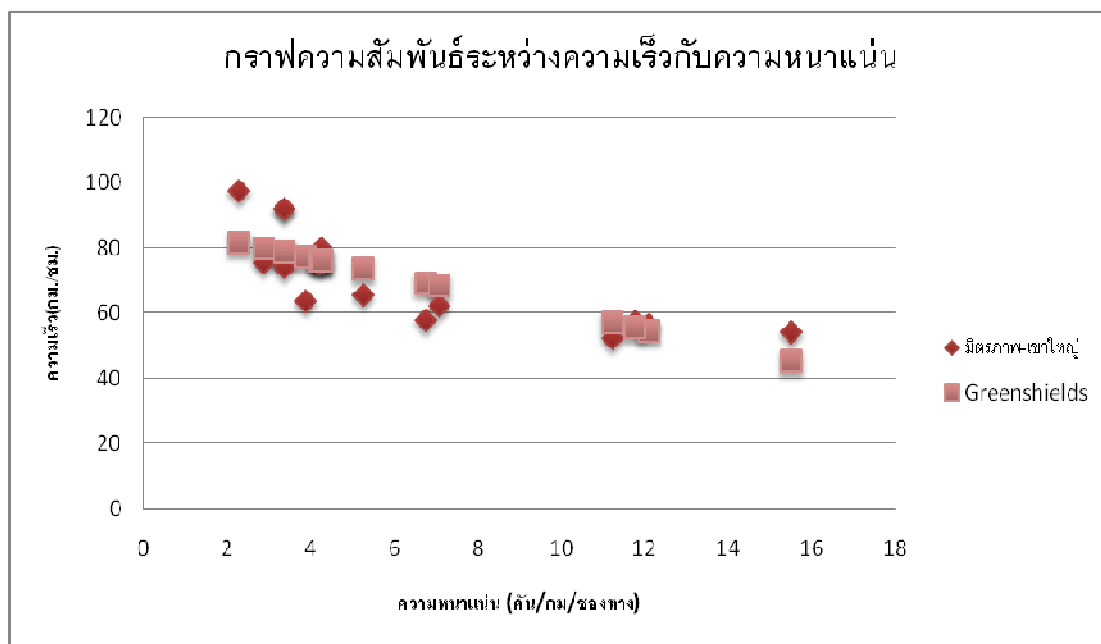
แบบจำลองของ Edie-Jam

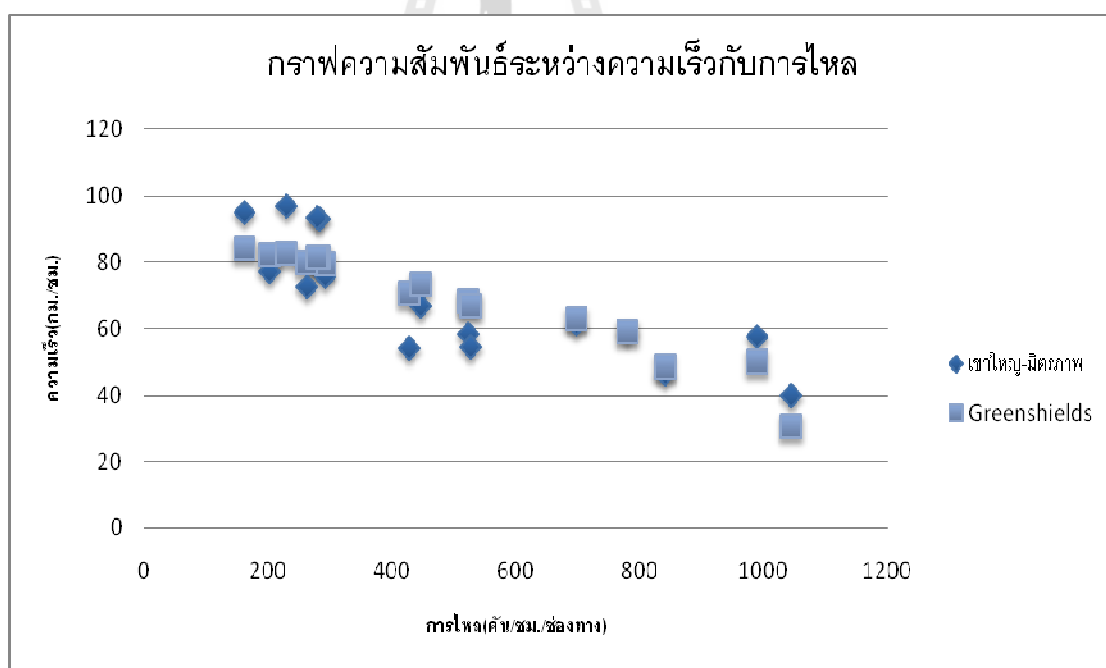
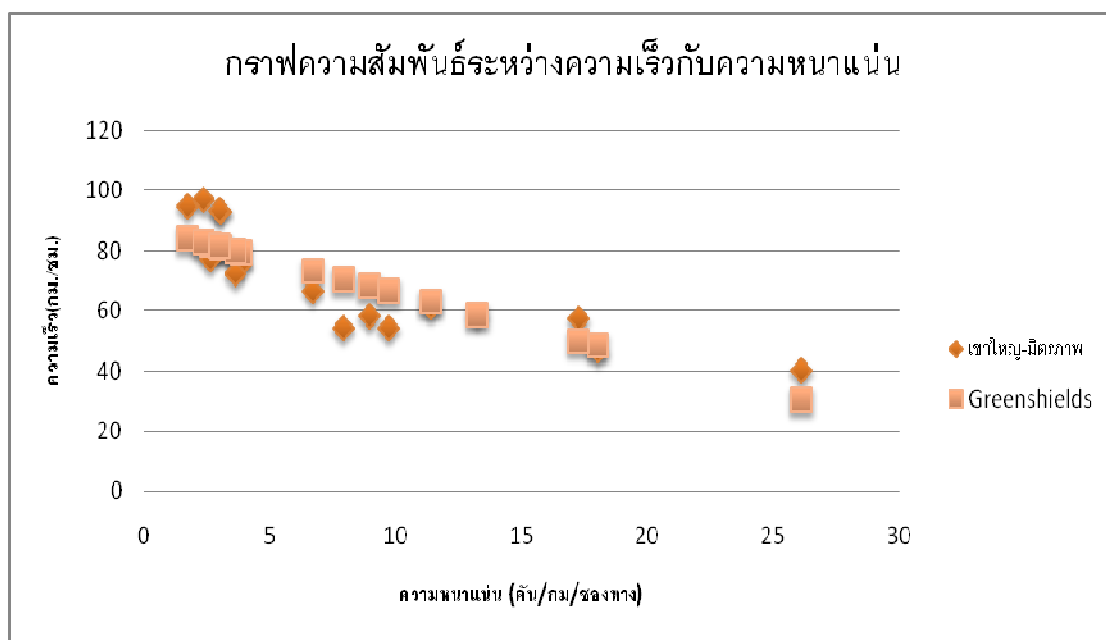




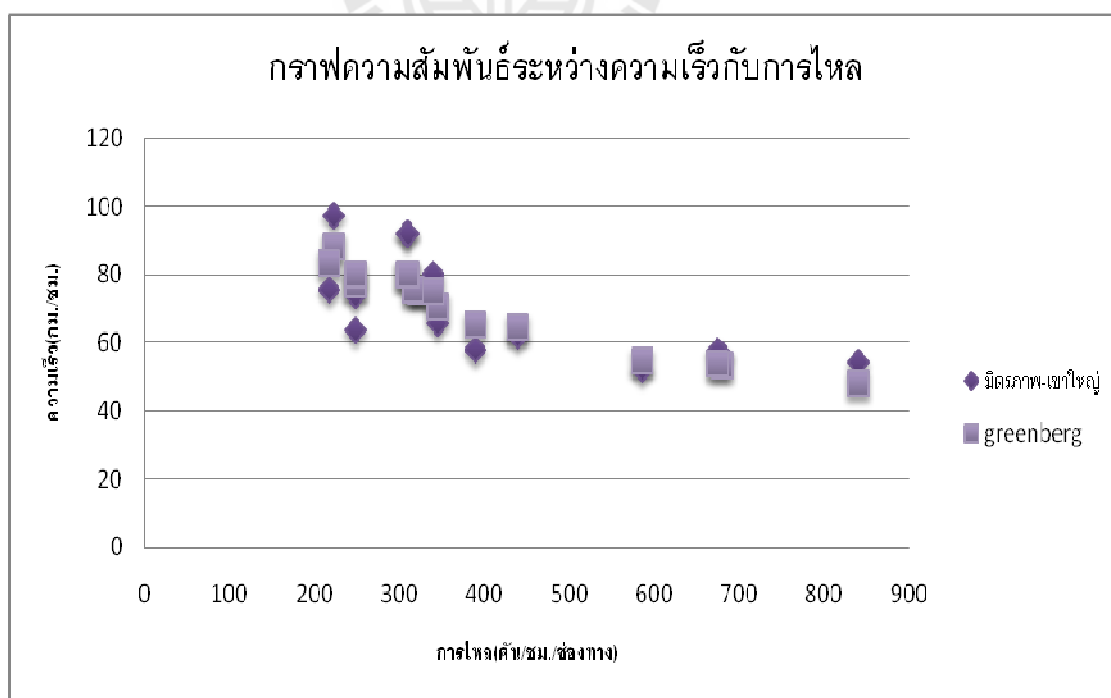
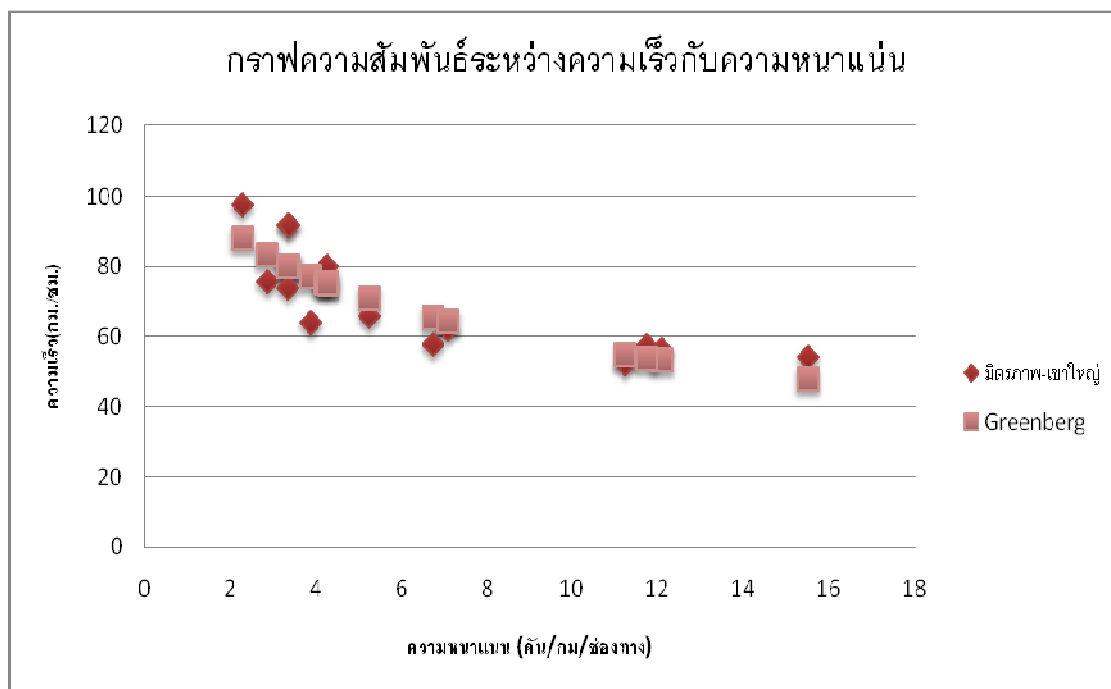
กราฟเปรียบเทียบความเร็ว (u) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากภาคสนามกับ (u) ของแบบจำลองต่าง ๆ ถนนช่วงที่ 4 กิโลเมตรที่ 12-16

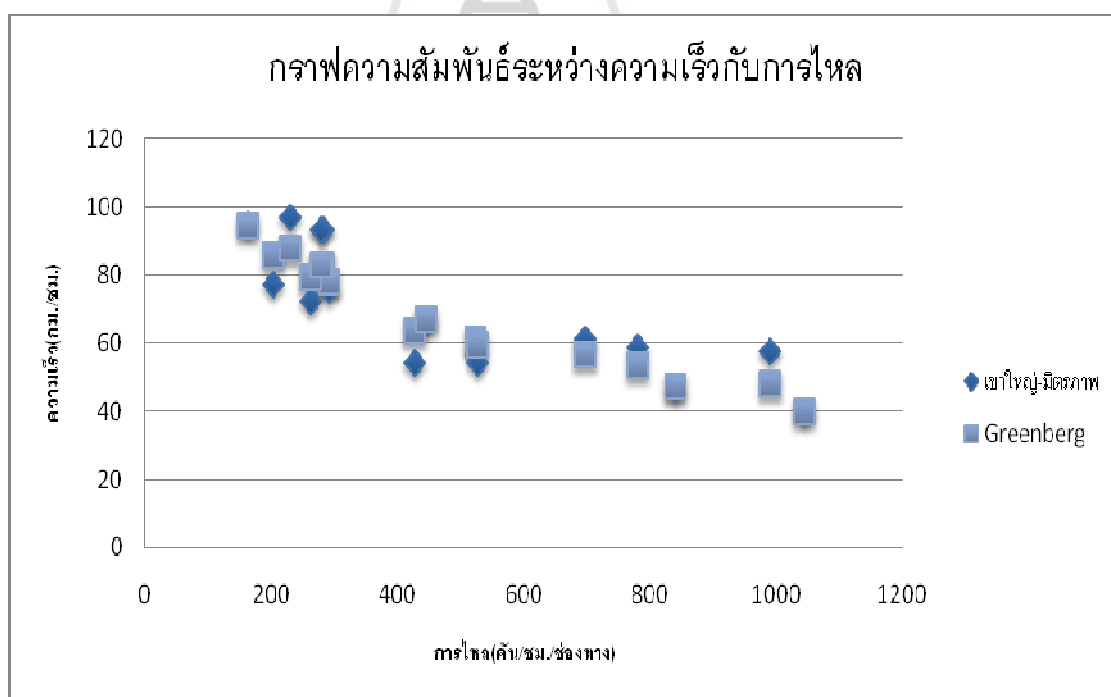
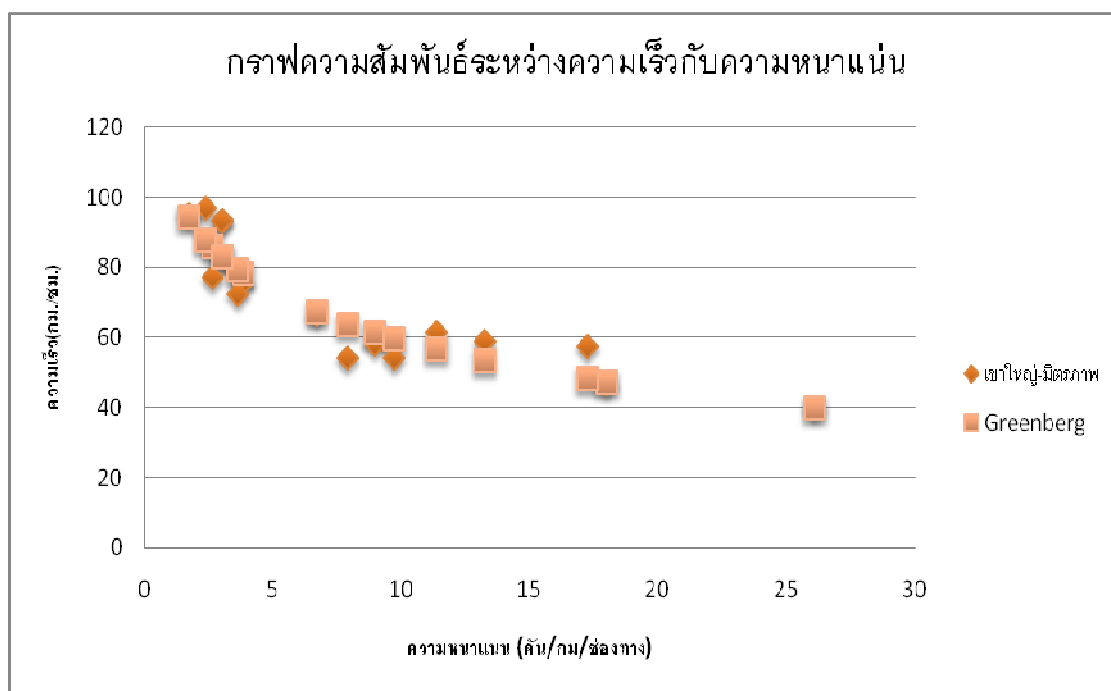
แบบจำลองของ Greenshields



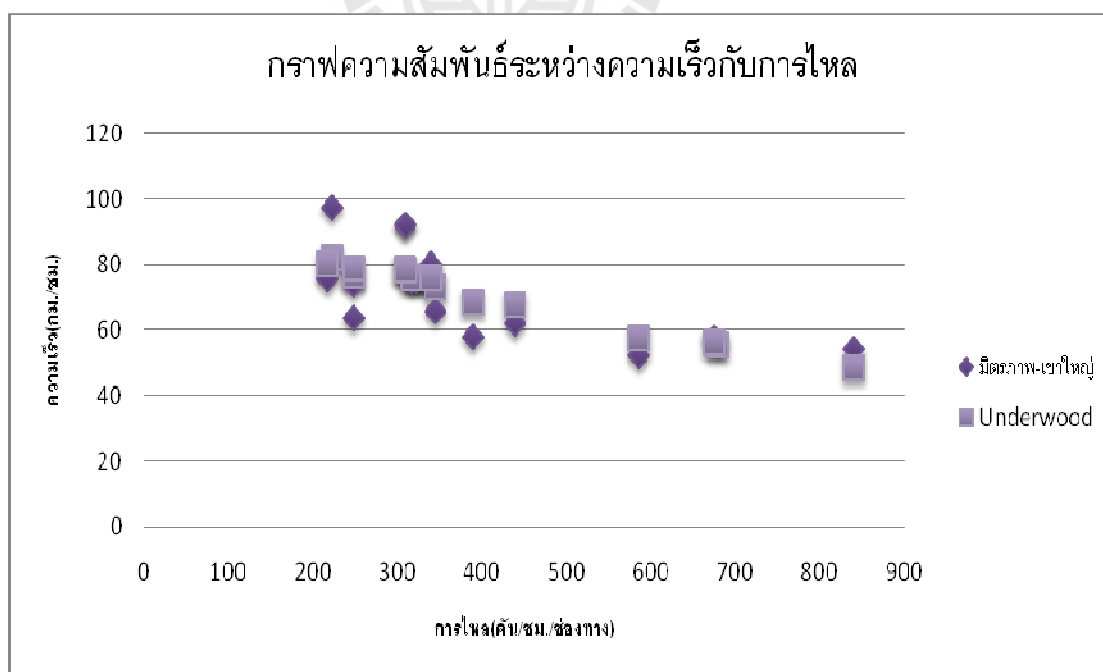
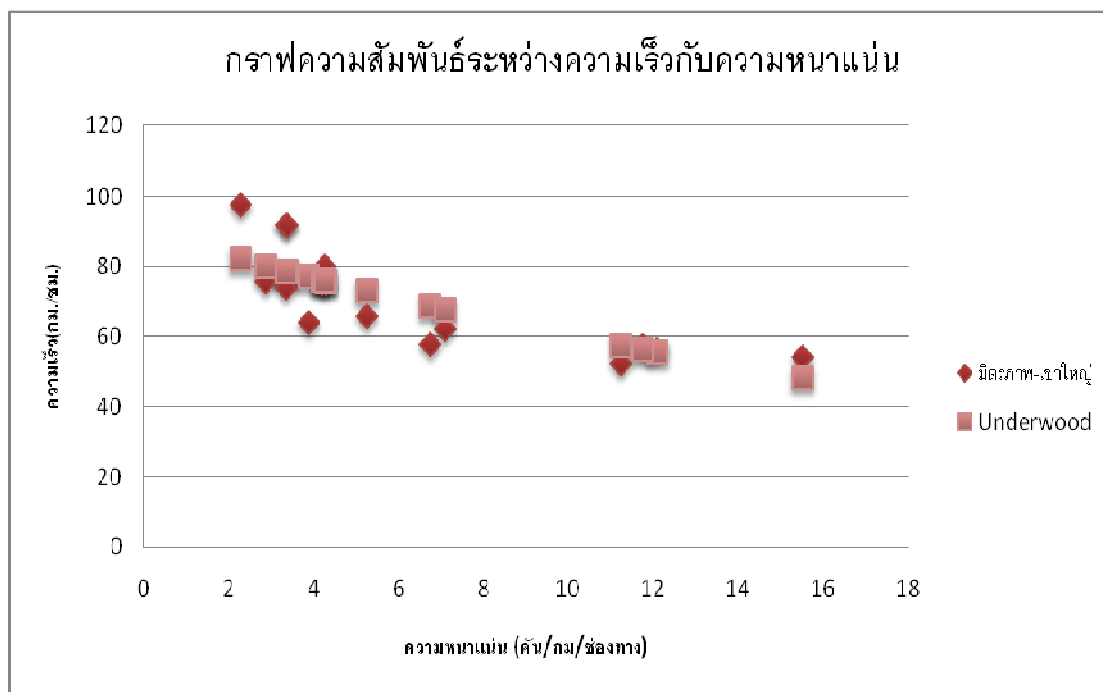


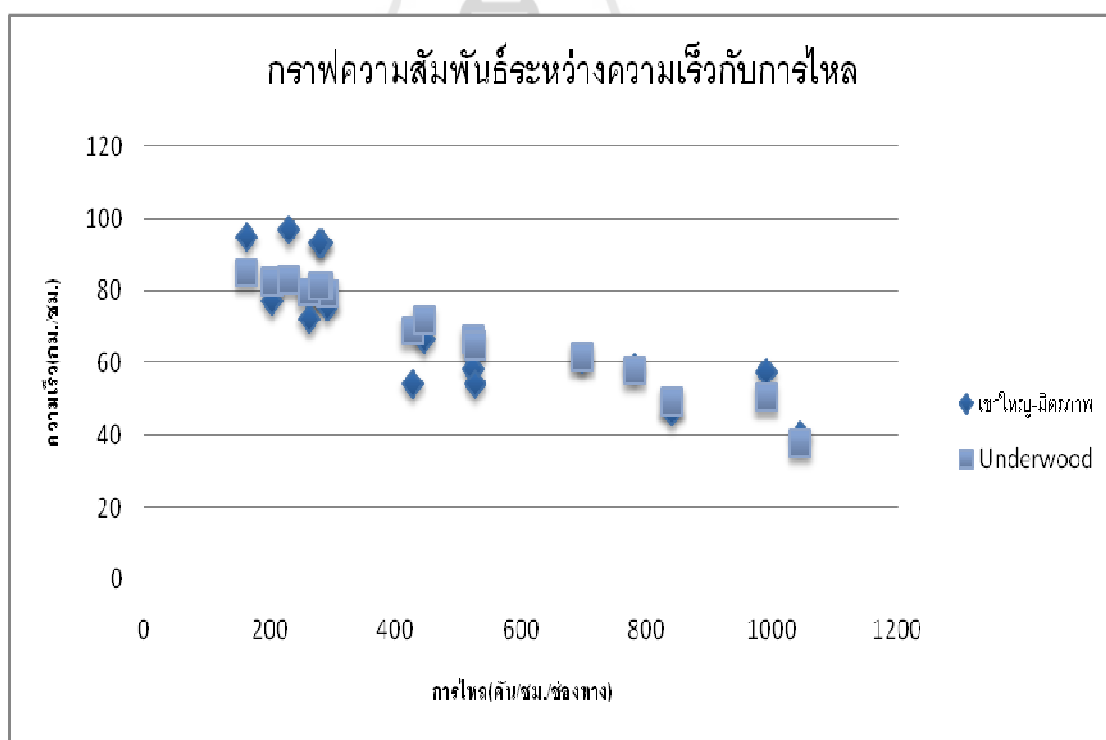
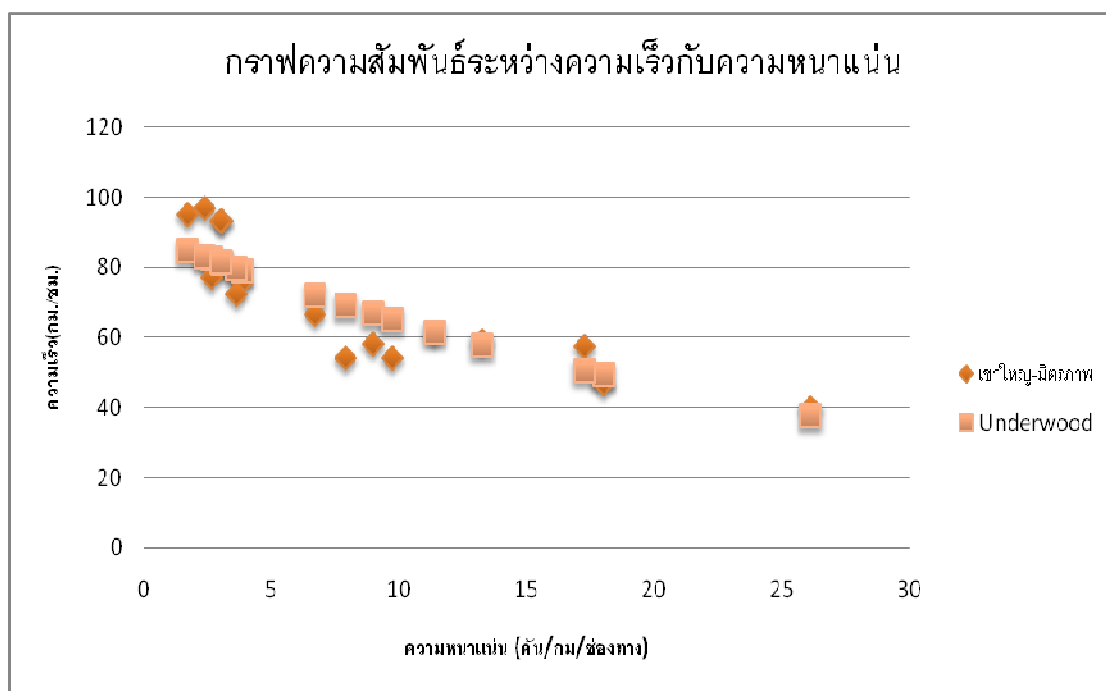
แบบจำลองของ Greenberg



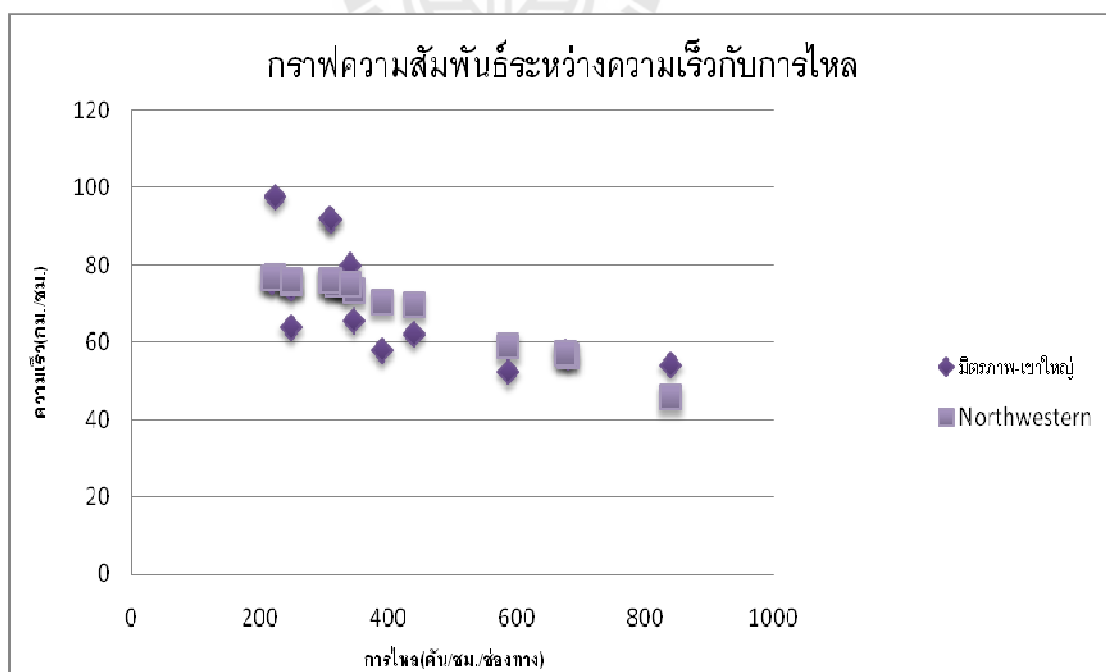
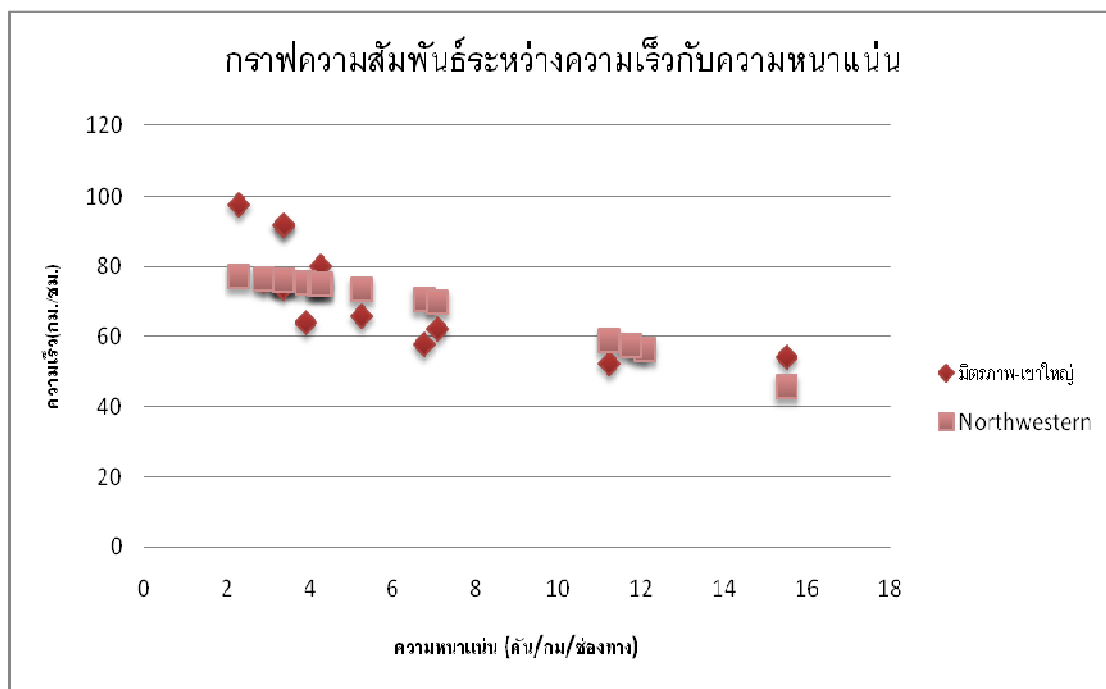


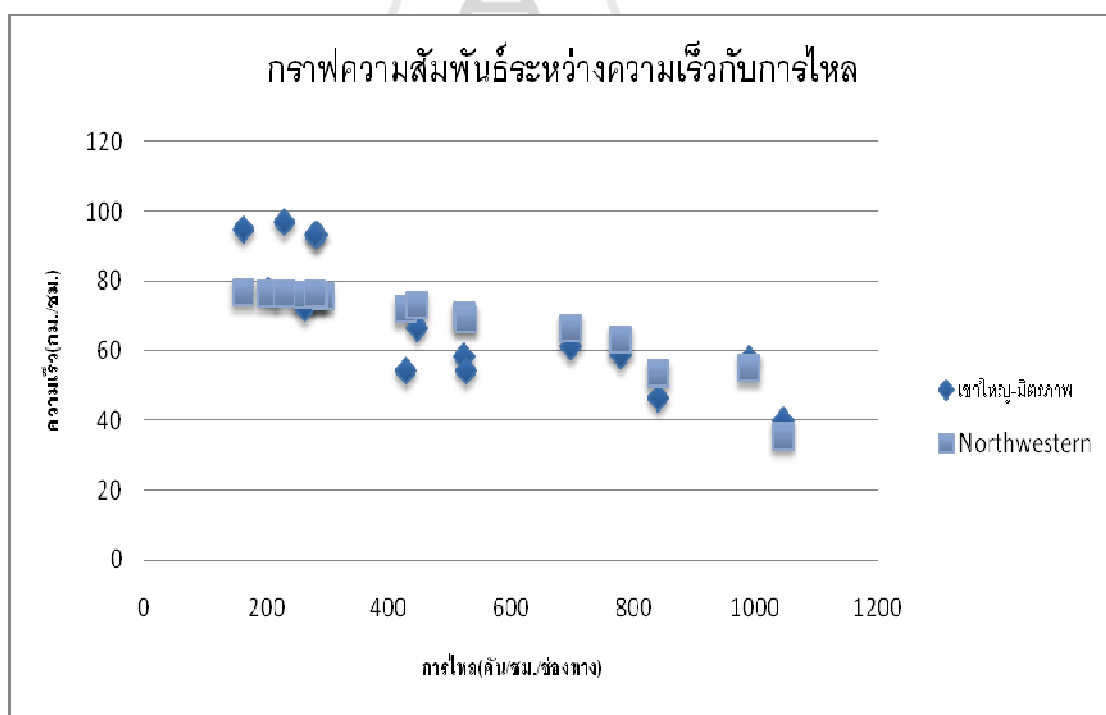
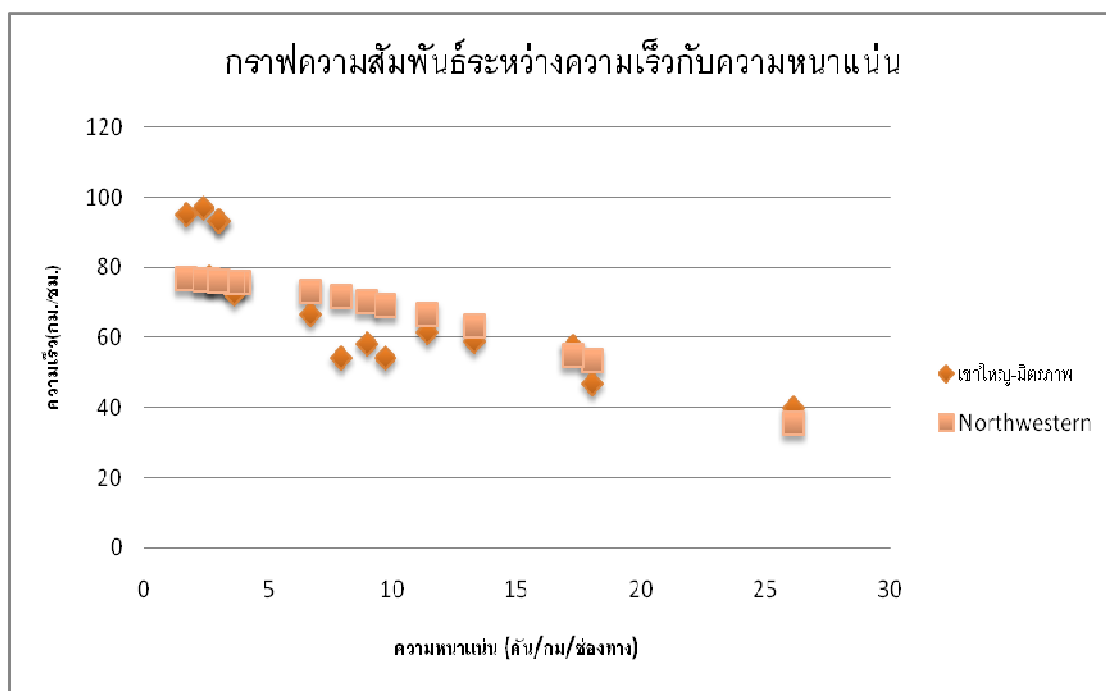
แบบจำลองของ Underwood



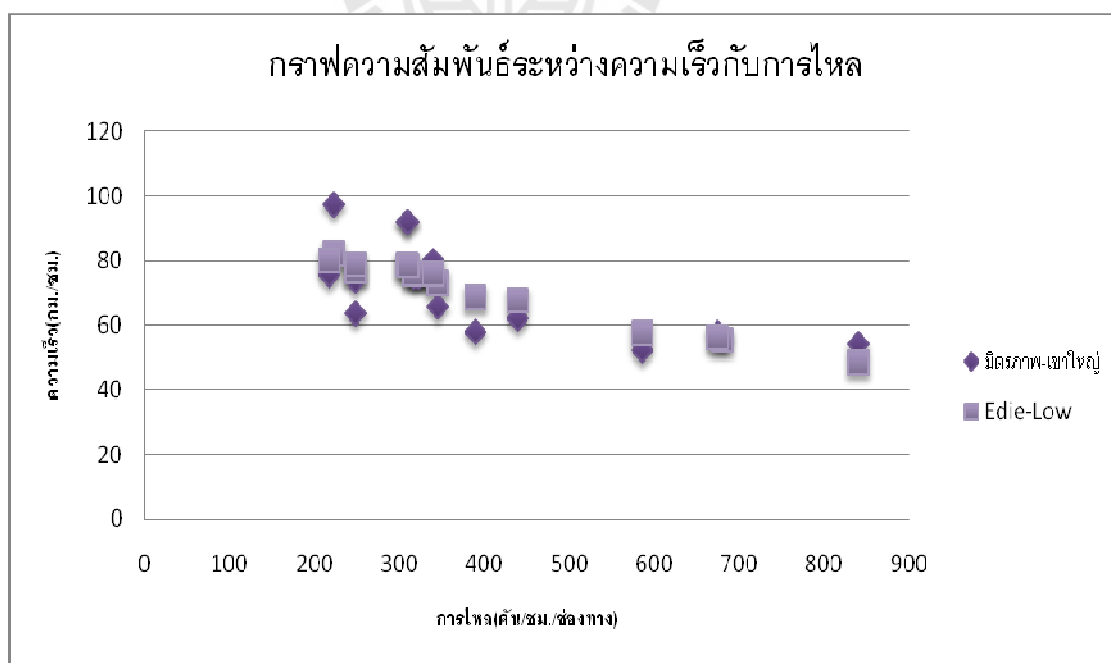
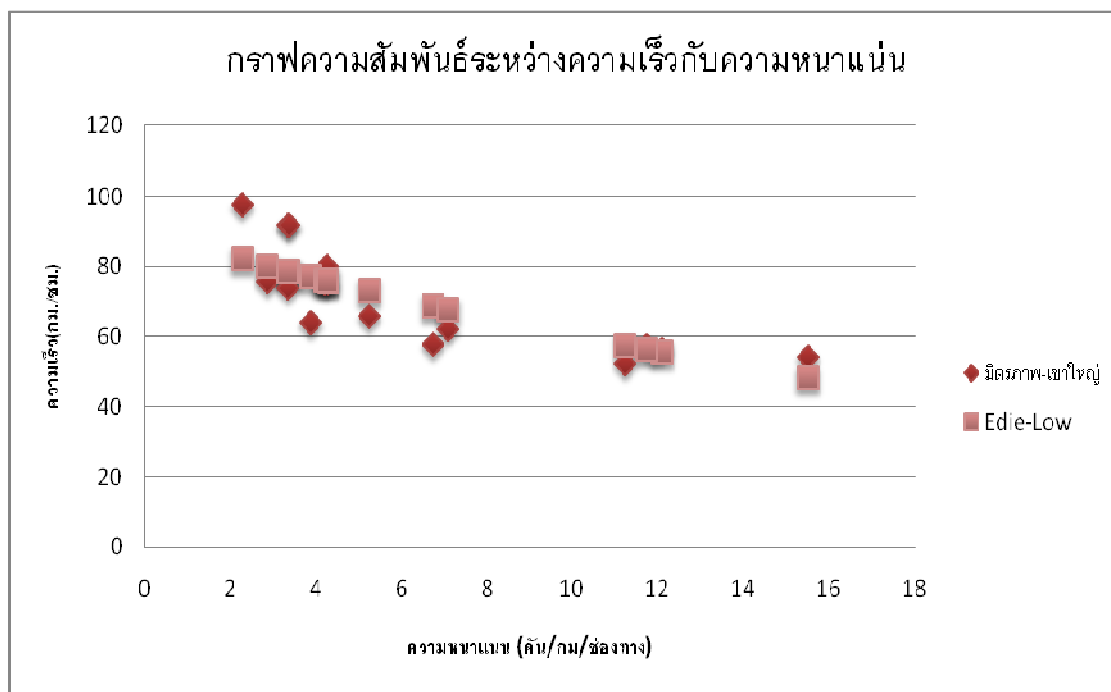


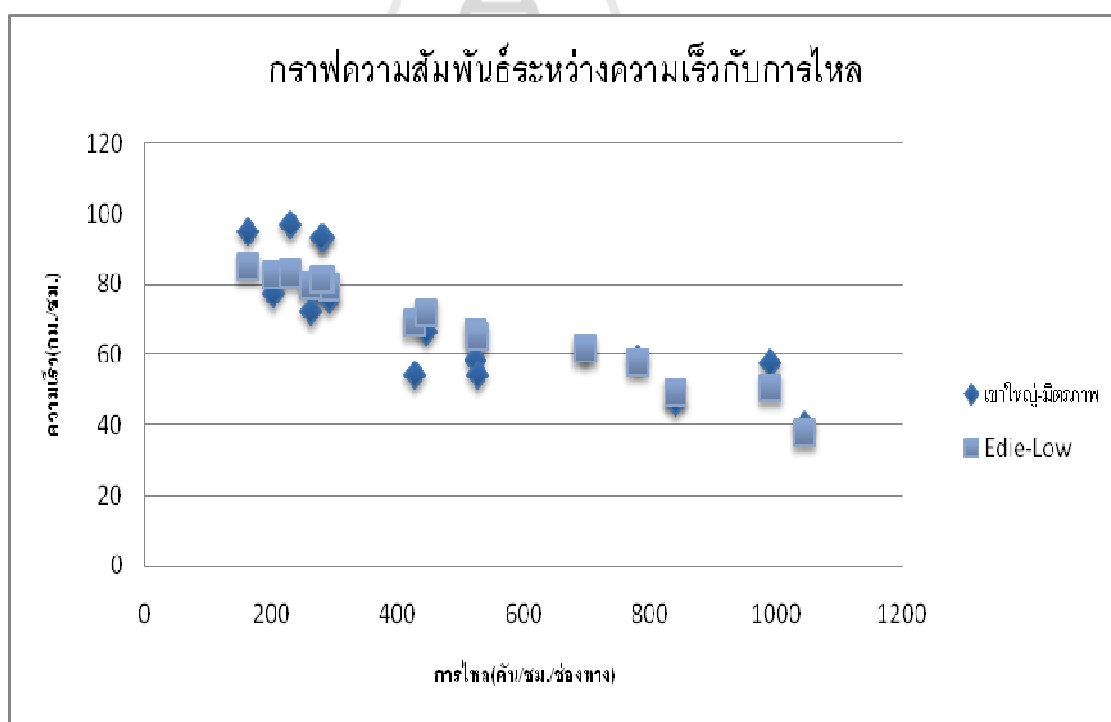
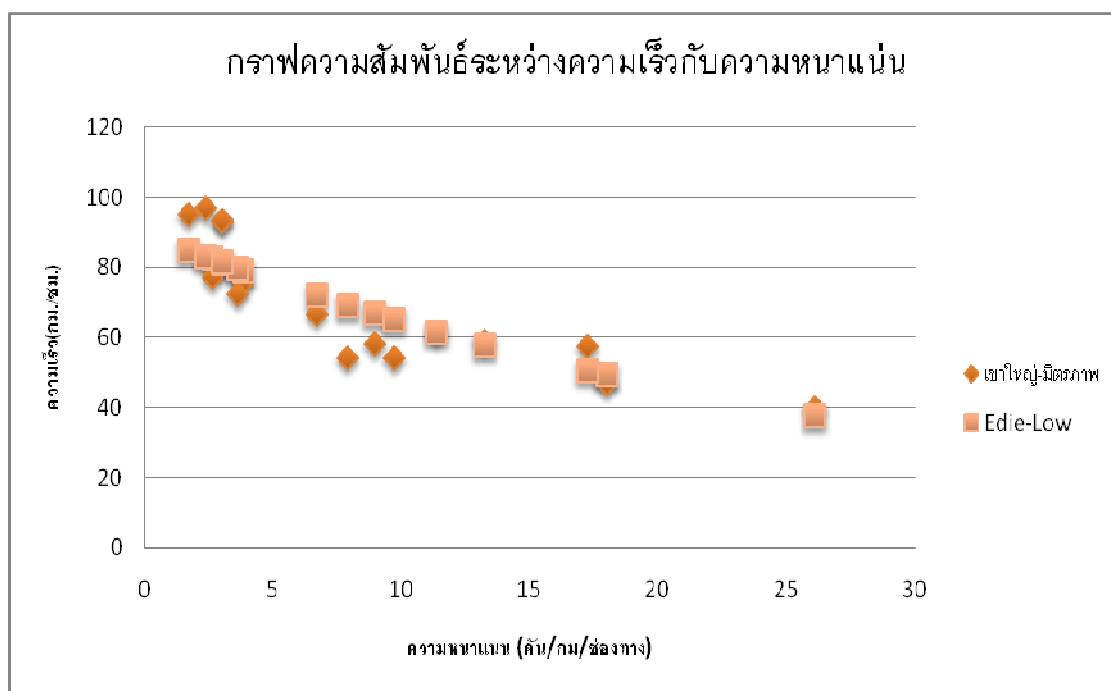
แบบจำลองของ Northwestern



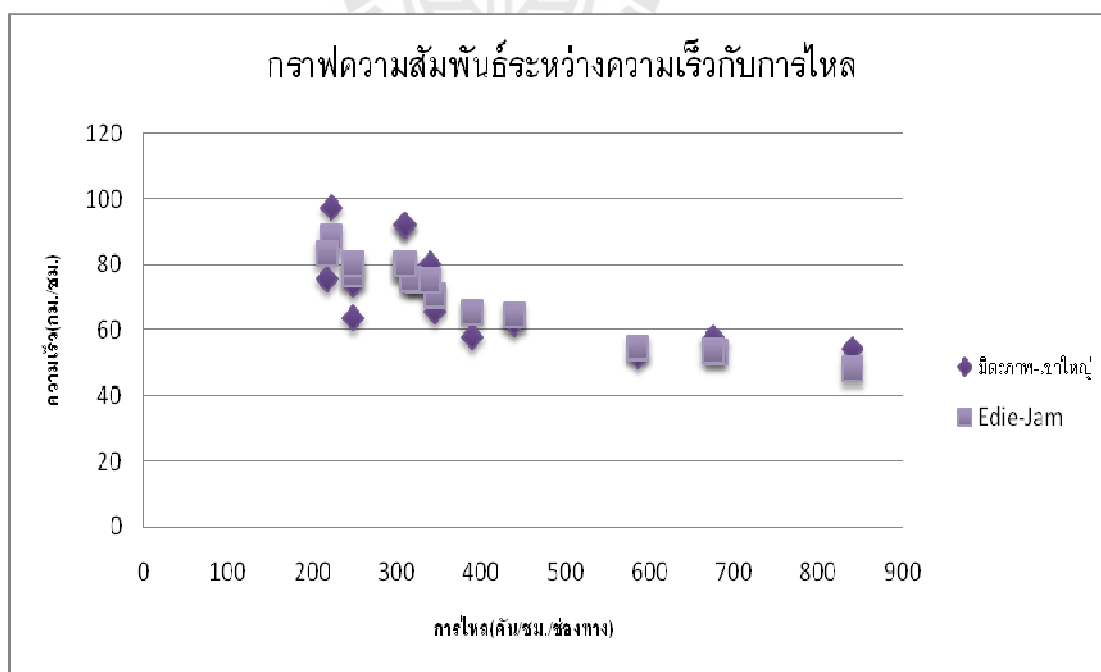
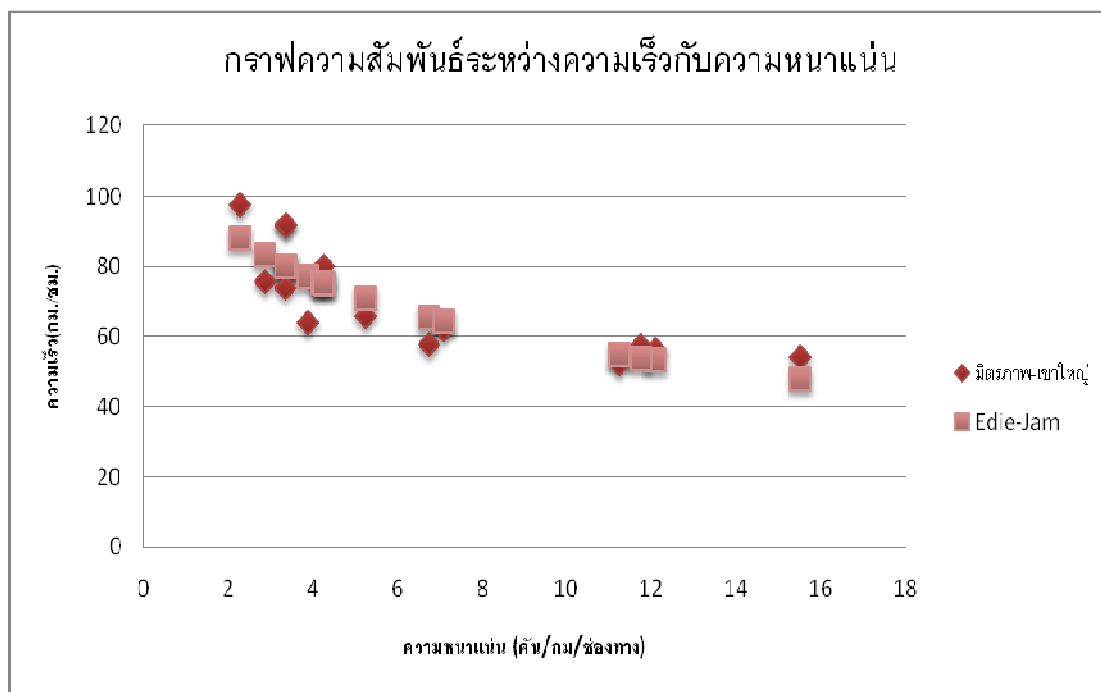


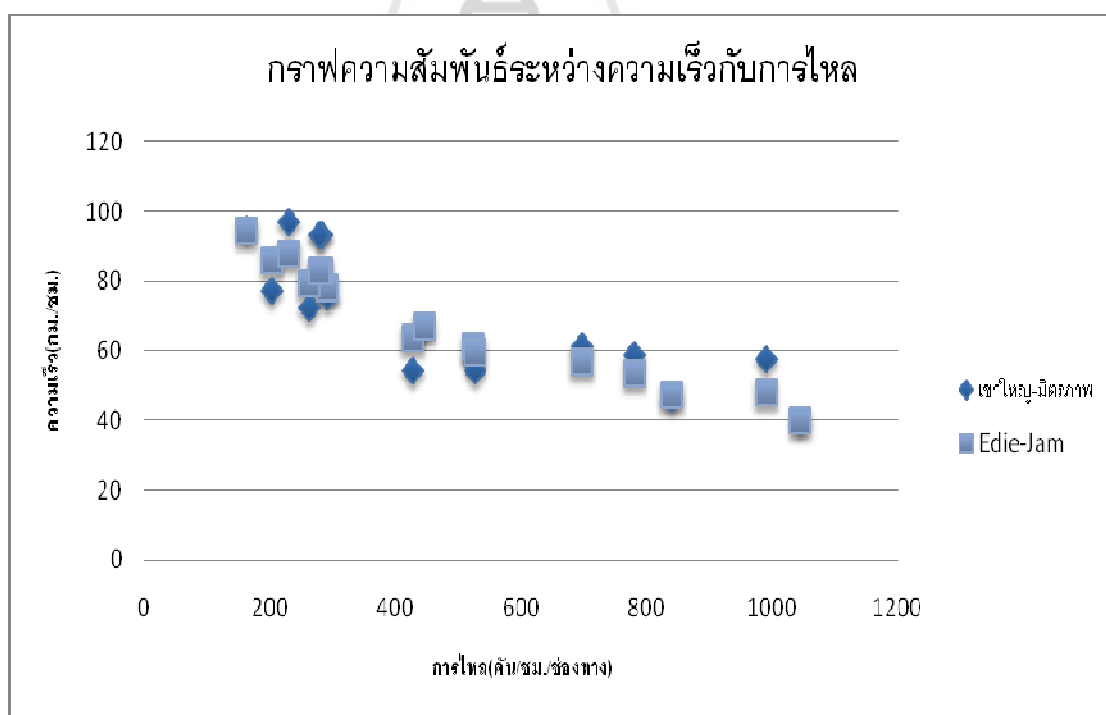
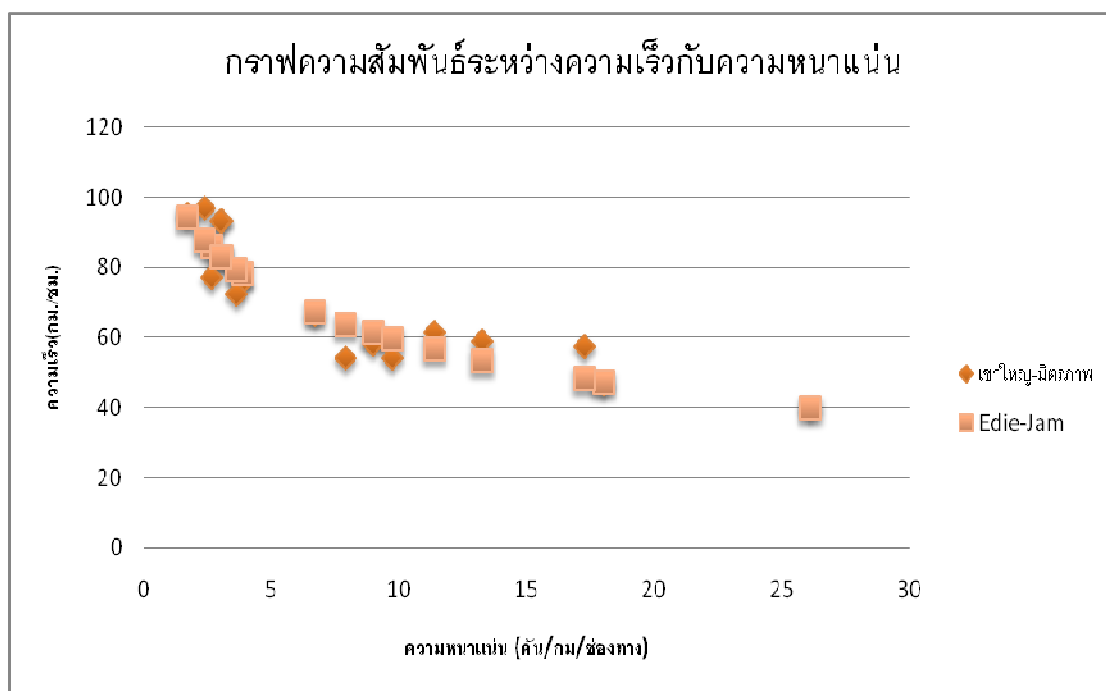
แบบจำลองของ Edie-Low





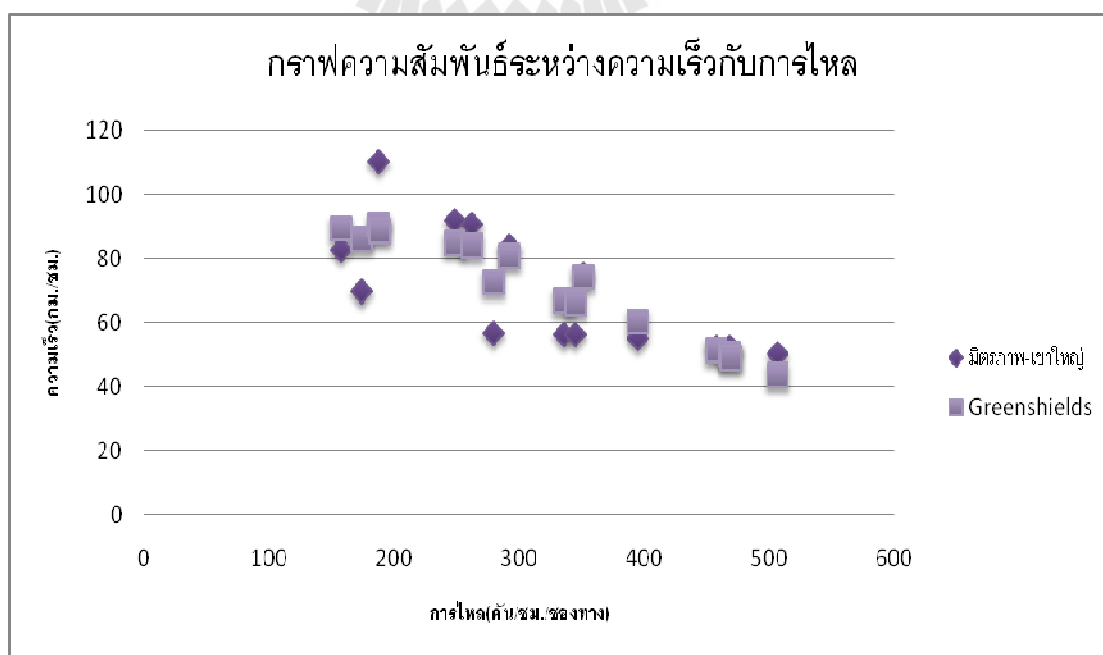
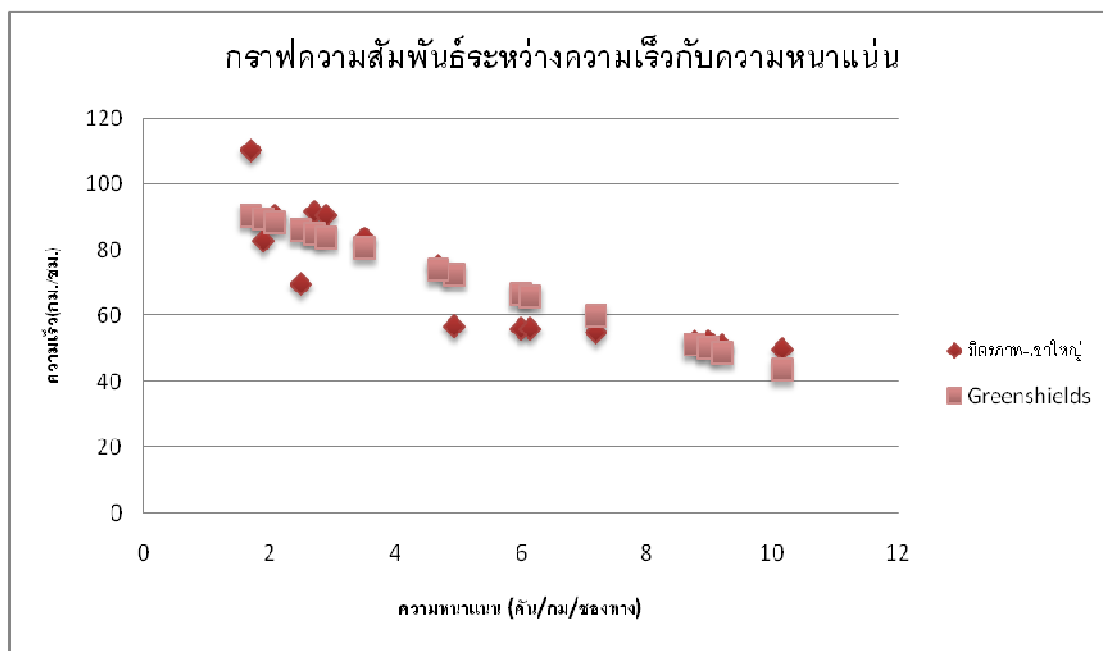
แบบจำลองของ Edie-Jam

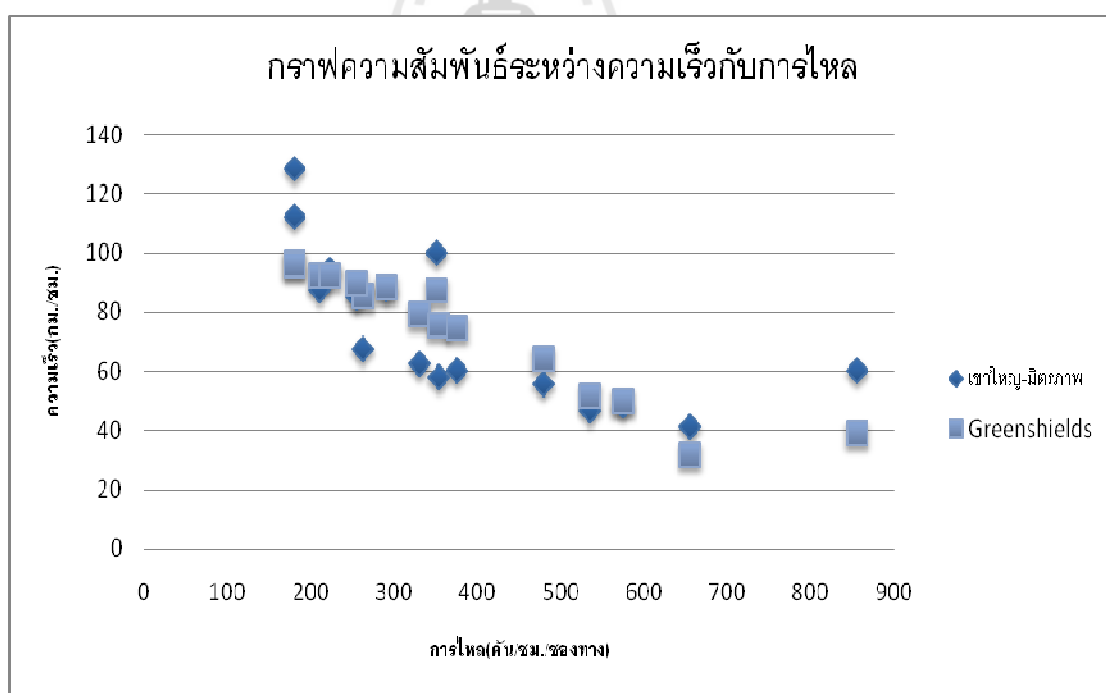
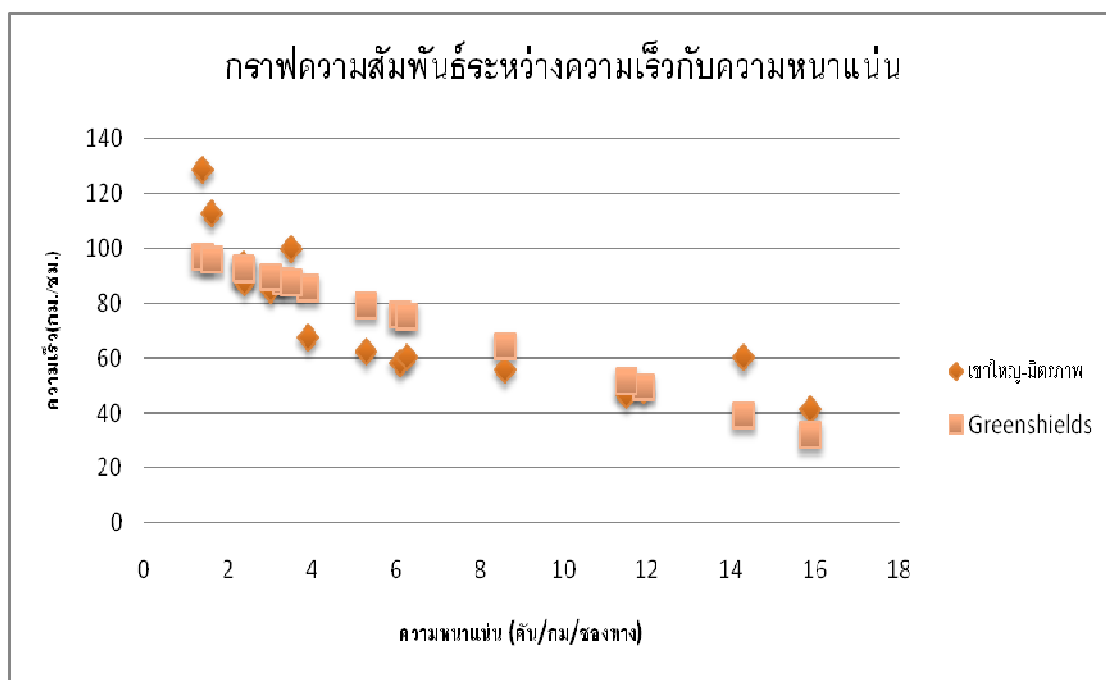




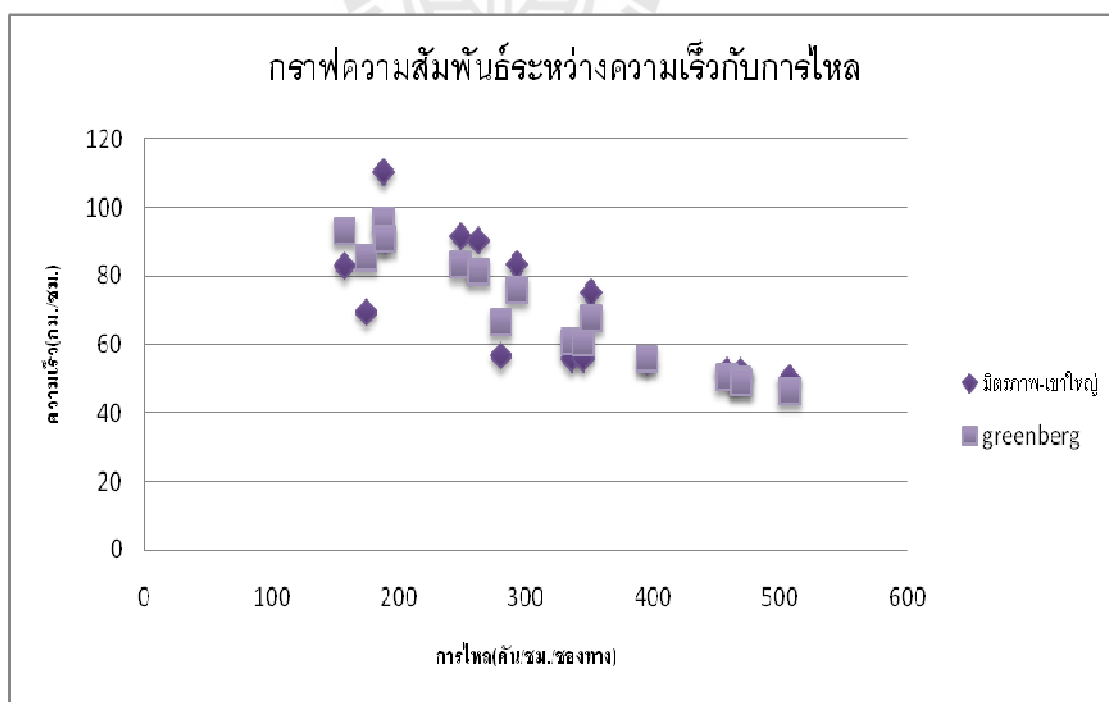
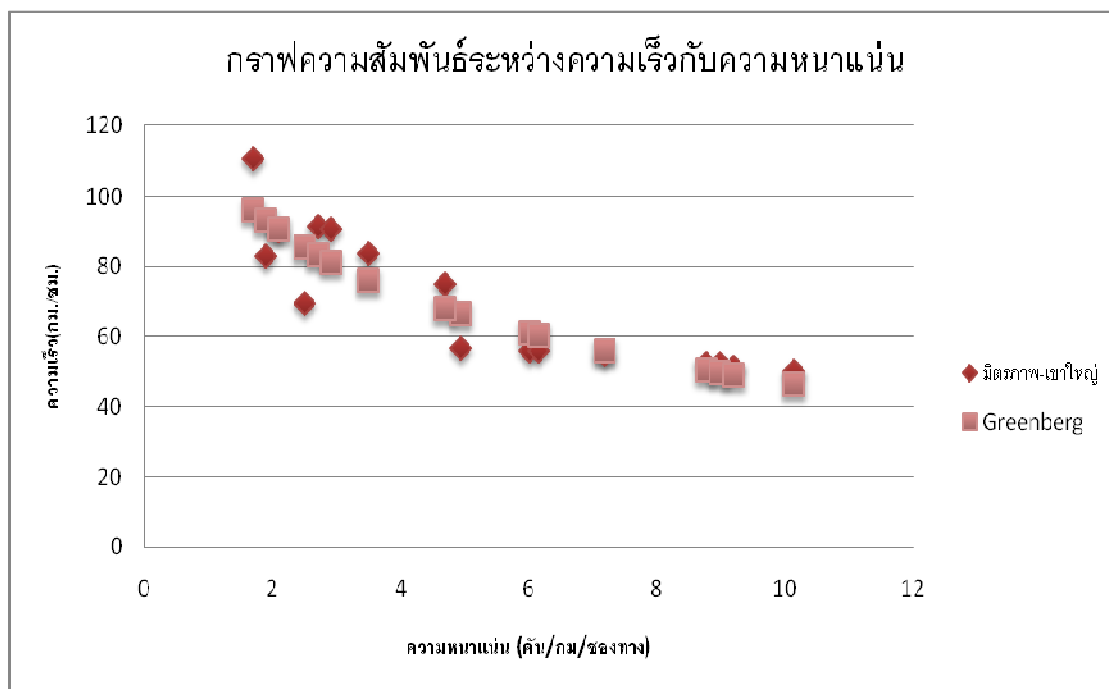
กราฟเปรียบเทียบความเร็ว (u) ที่ได้จากการเก็บข้อมูลจากภาคสนามกับ (u) ของแบบจำลองต่าง ๆ ถนนช่วงที่ 5 กิโลเมตรที่ 16-21

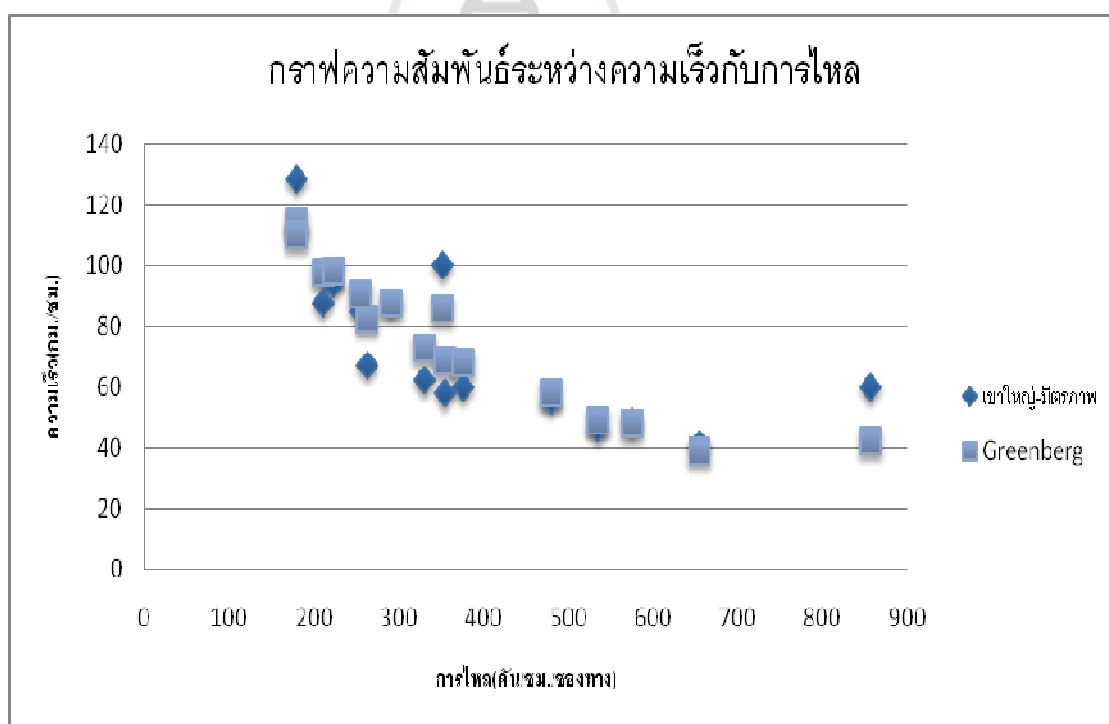
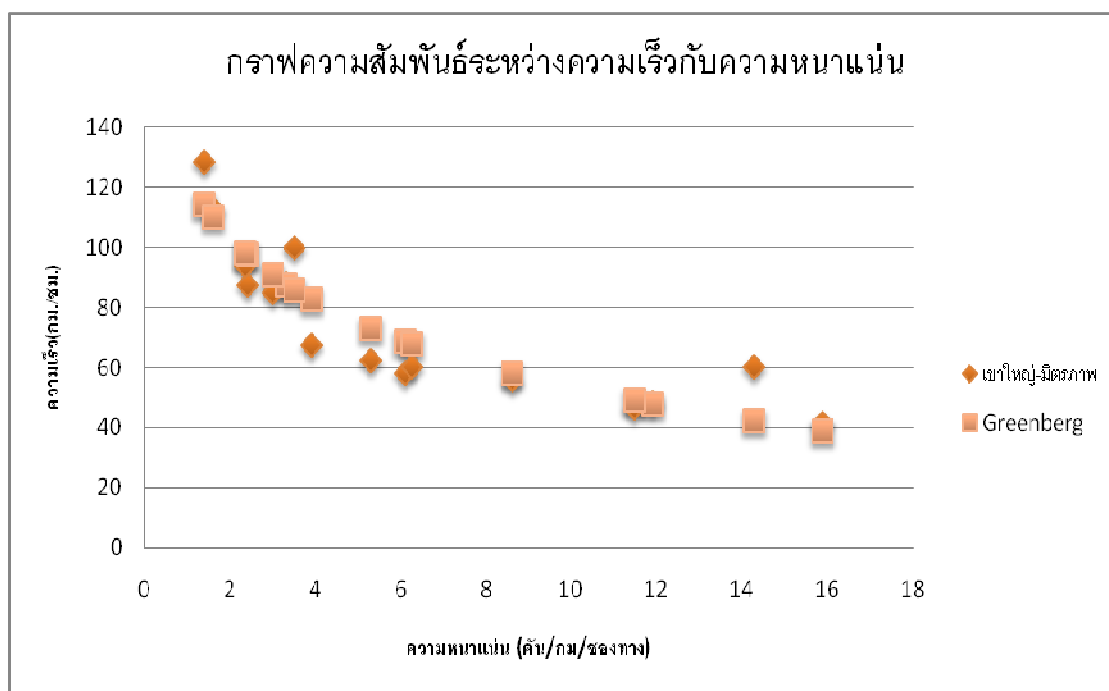
แบบจำลองของ Greenshields



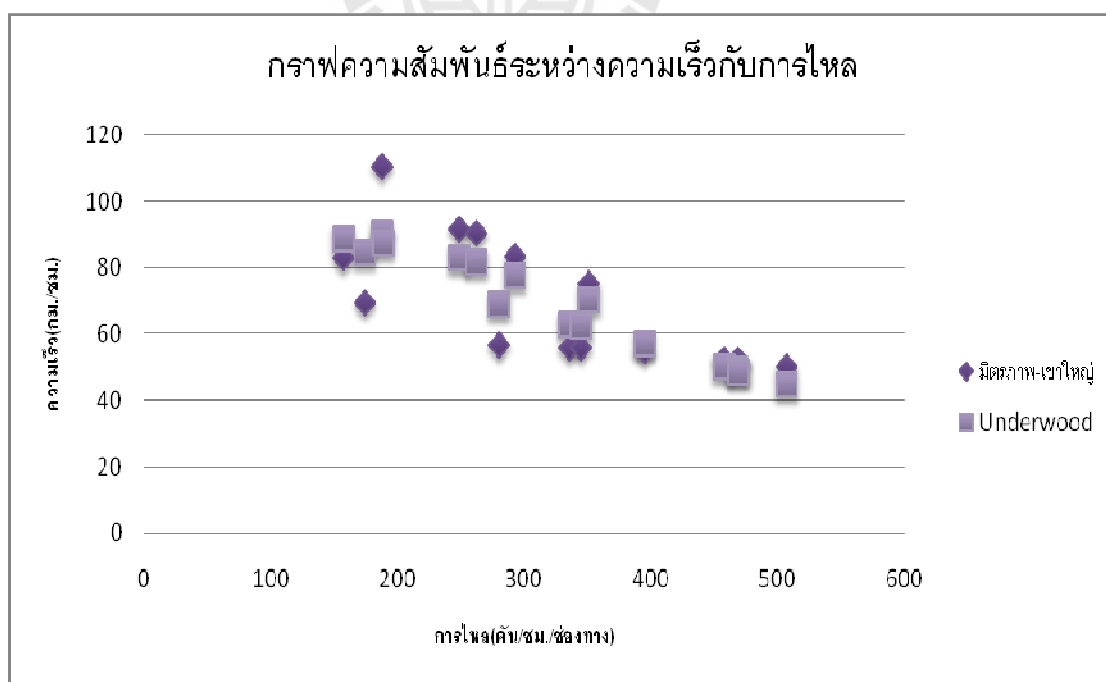
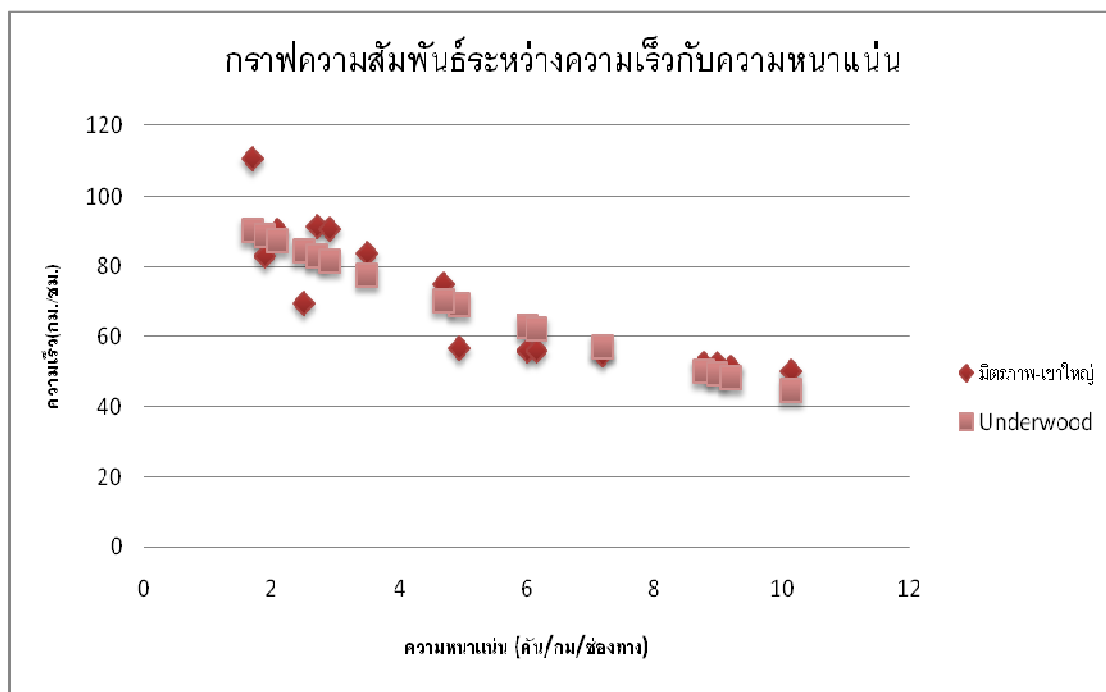


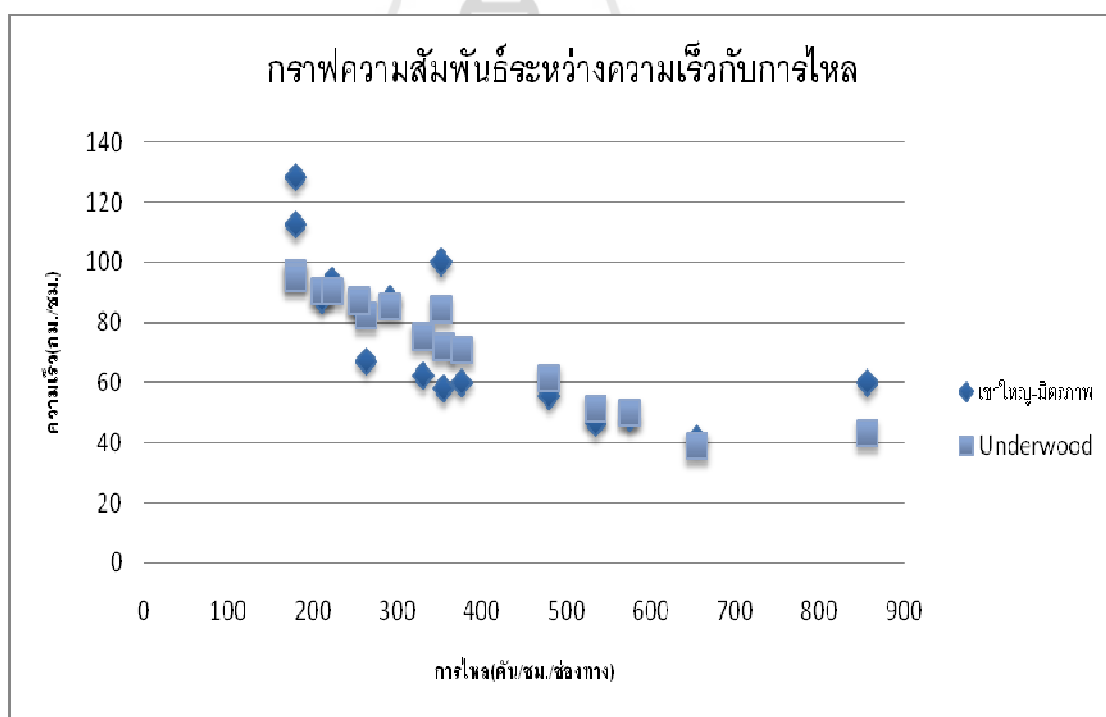
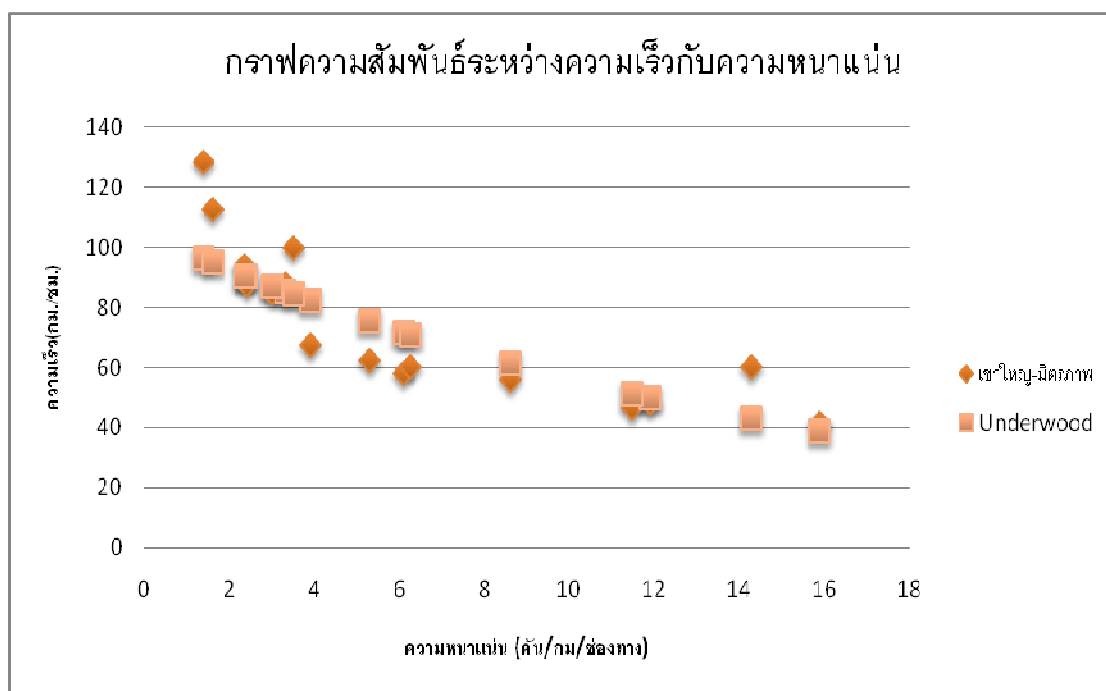
แบบจำลองของ Greenberg



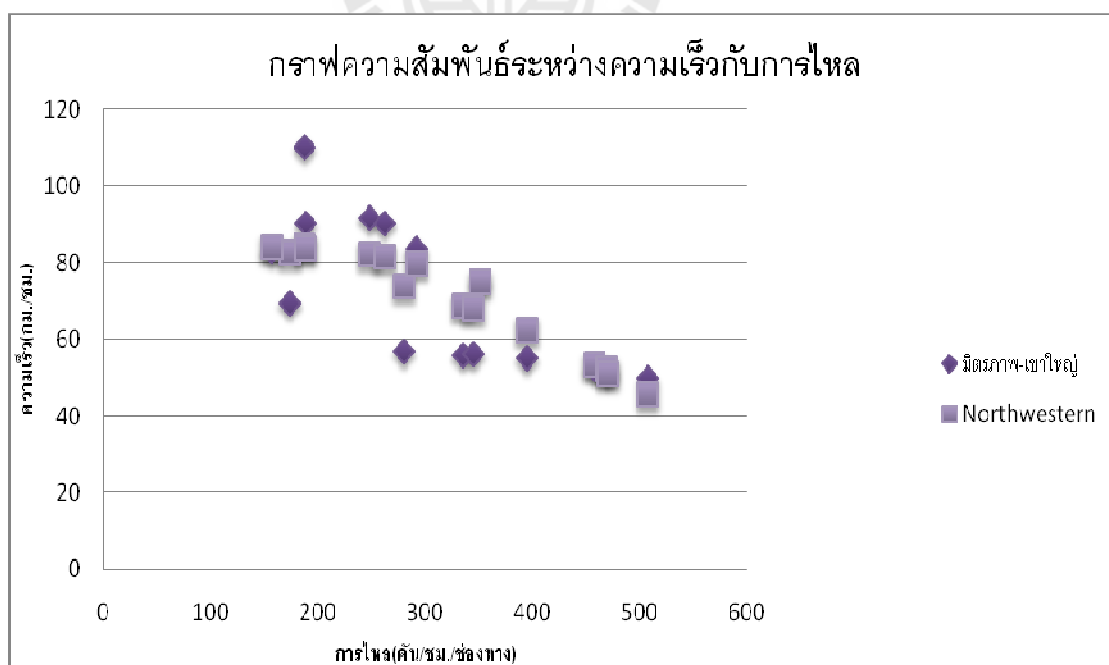
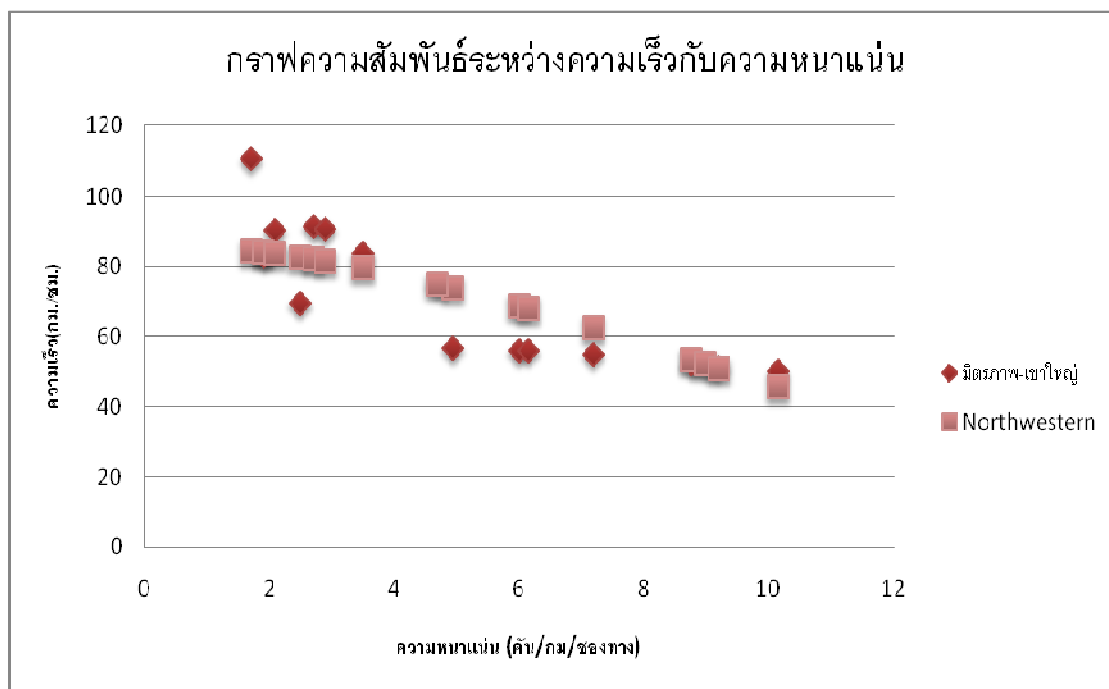


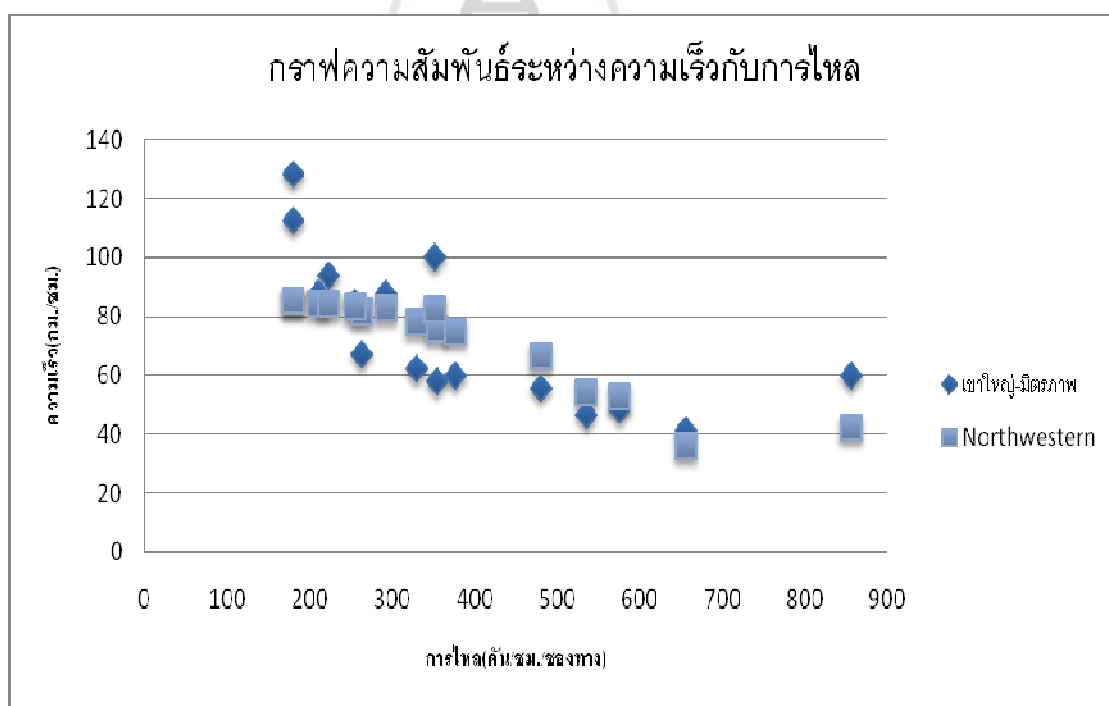
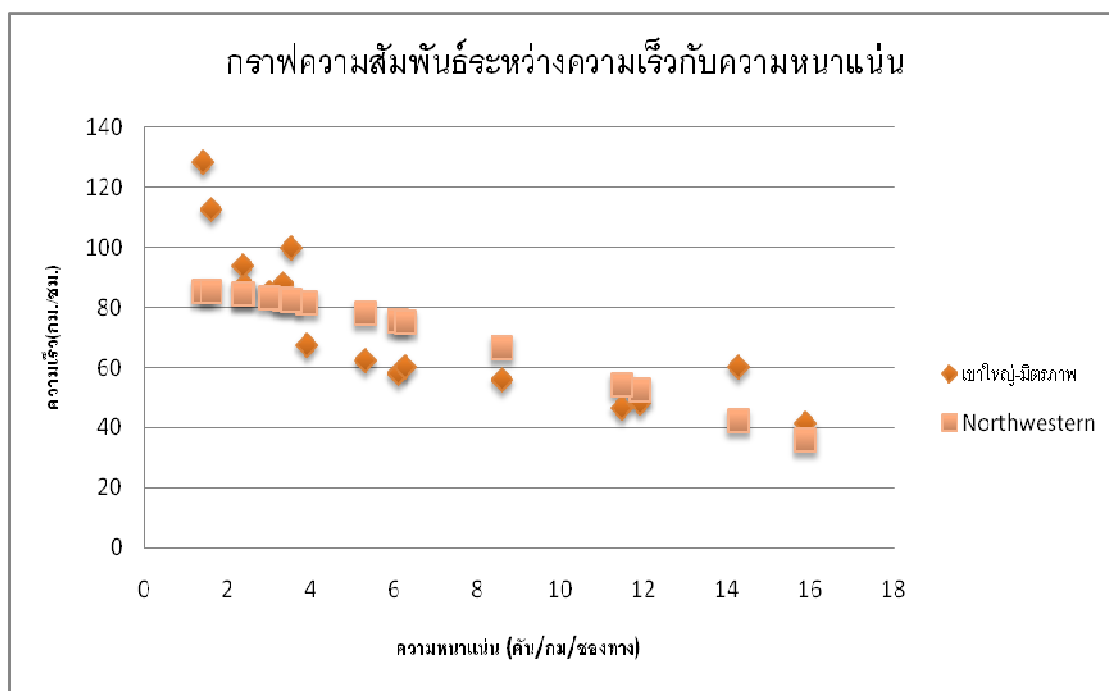
แบบจำลองของ Underwood



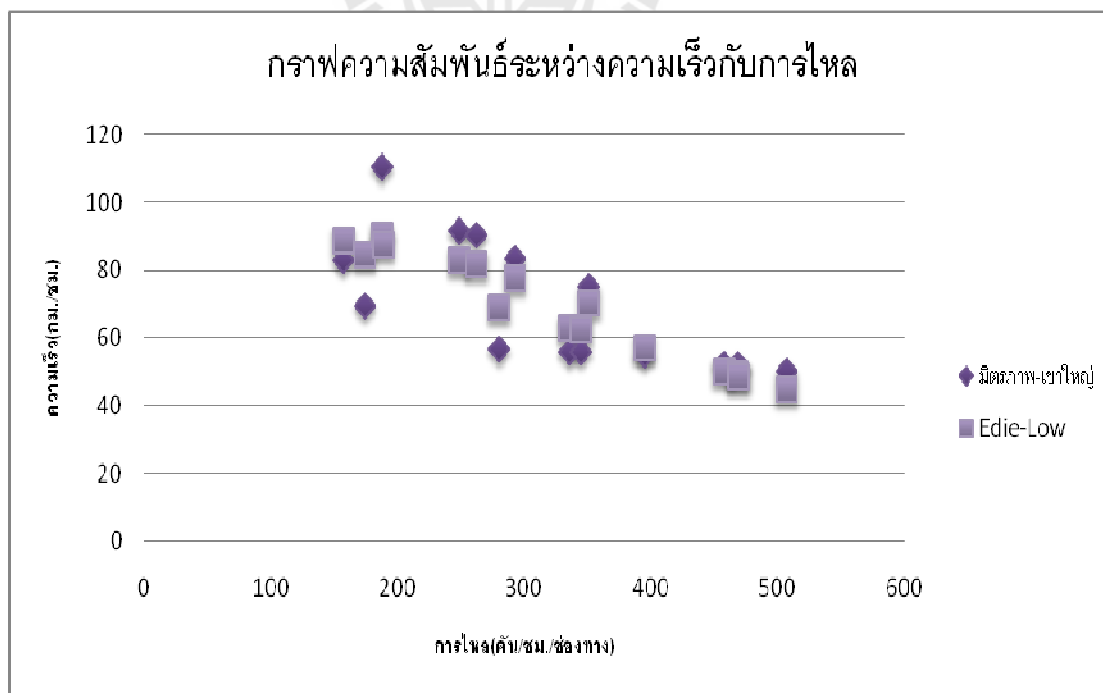
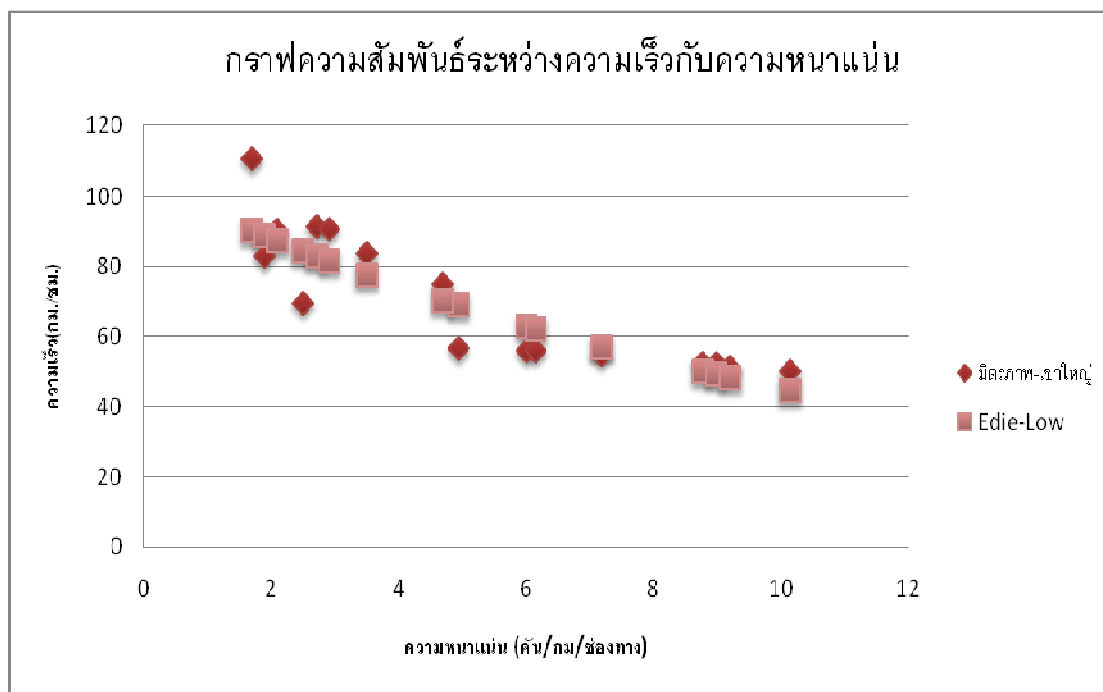


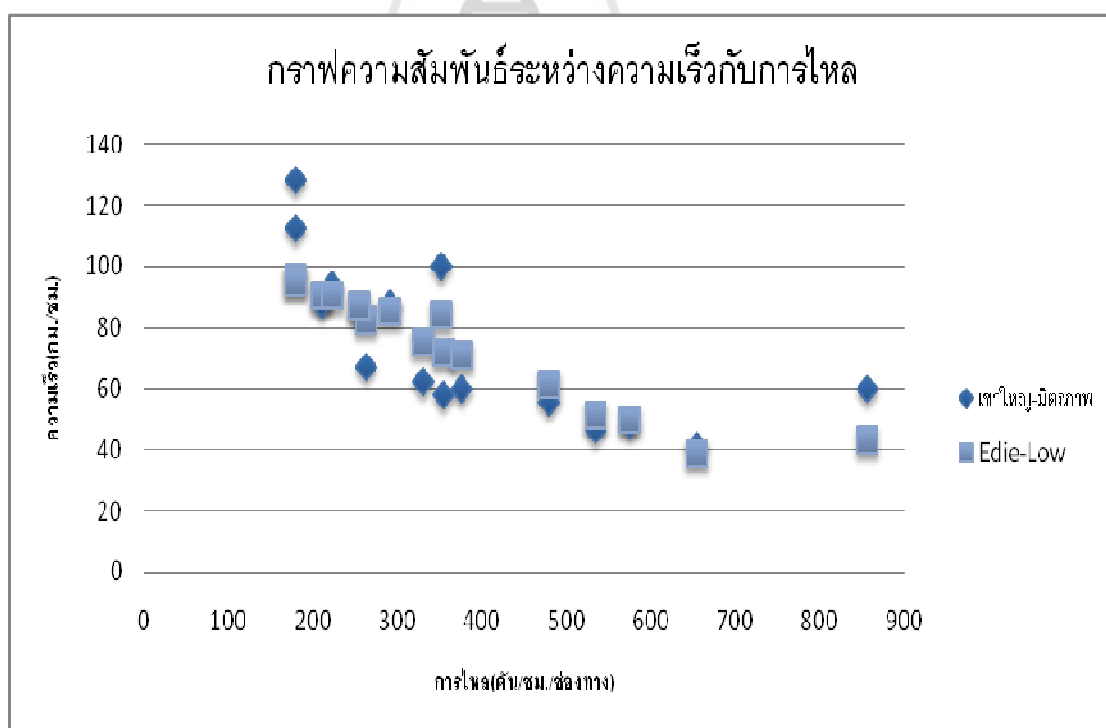
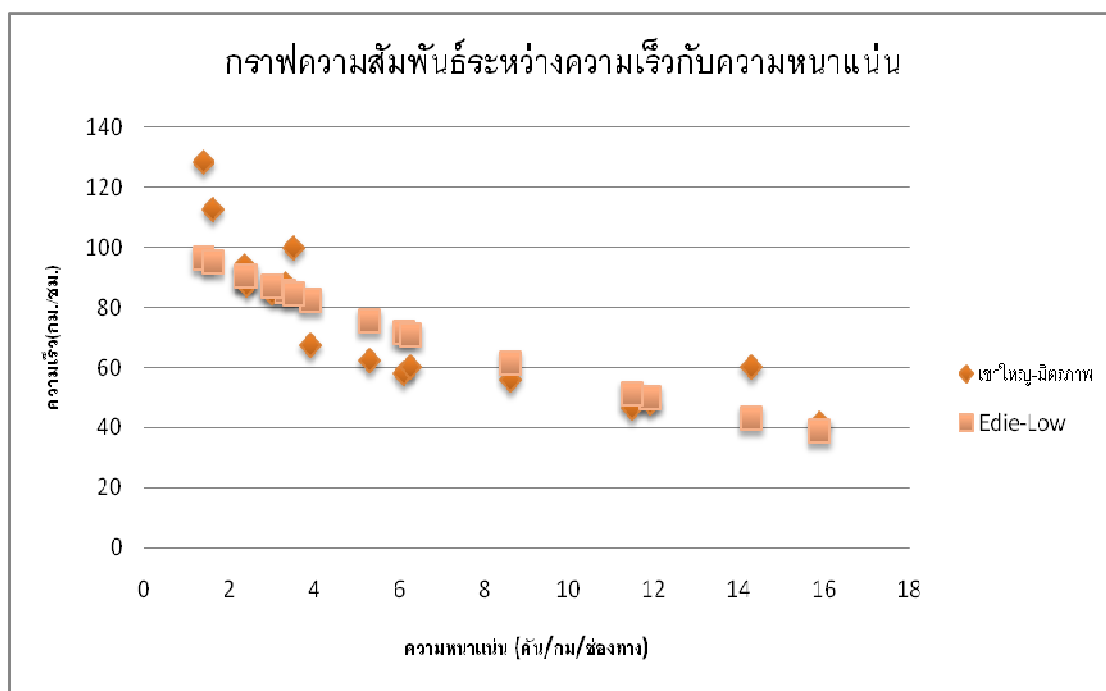
แบบจำลองของ Northwestern



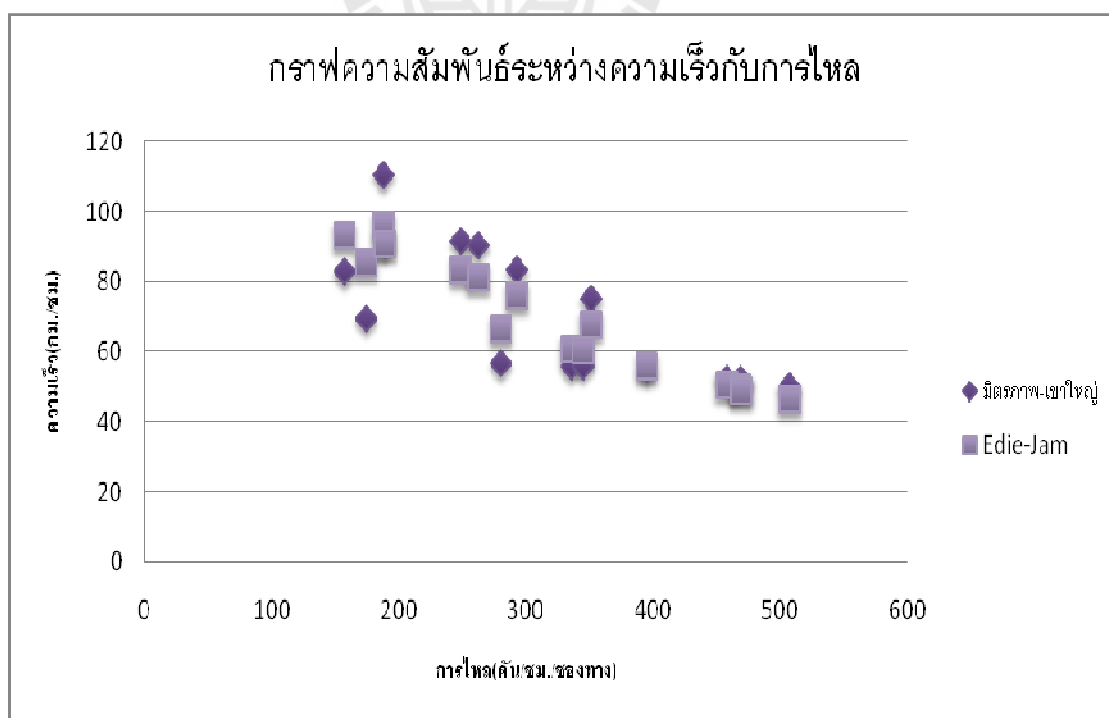
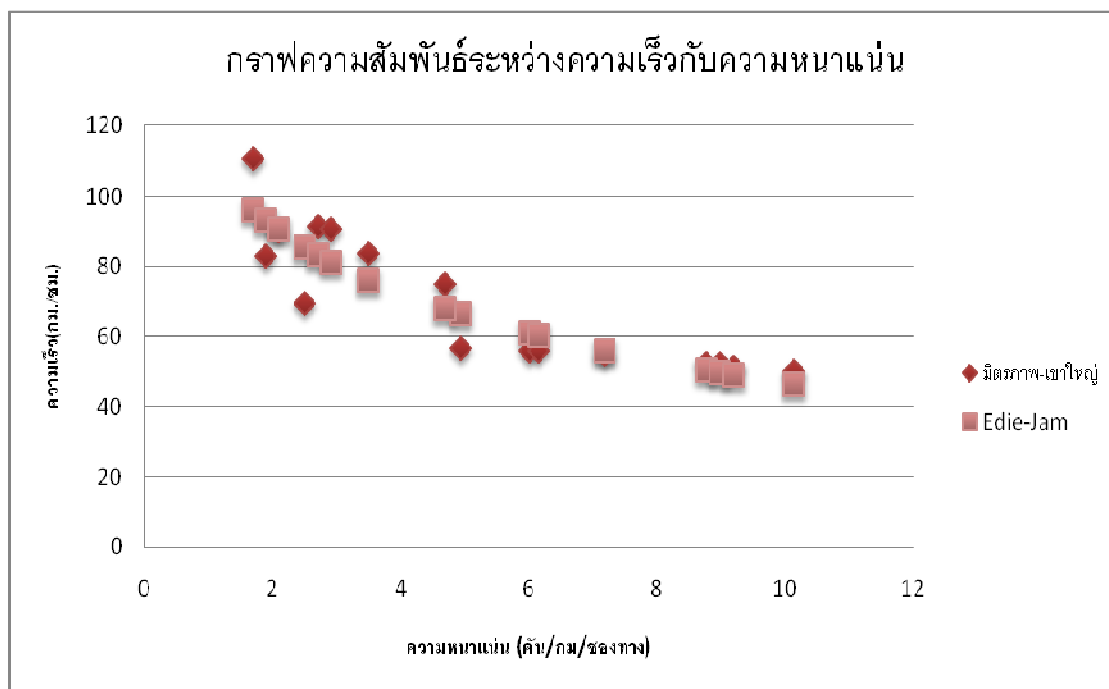


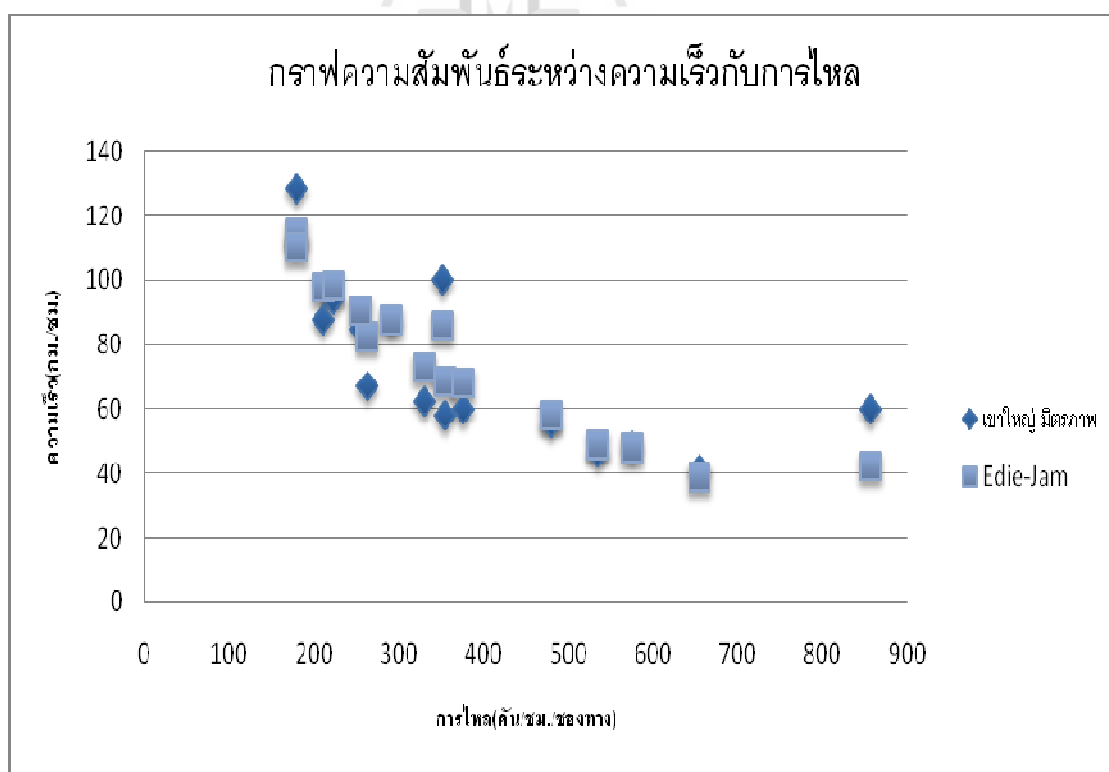
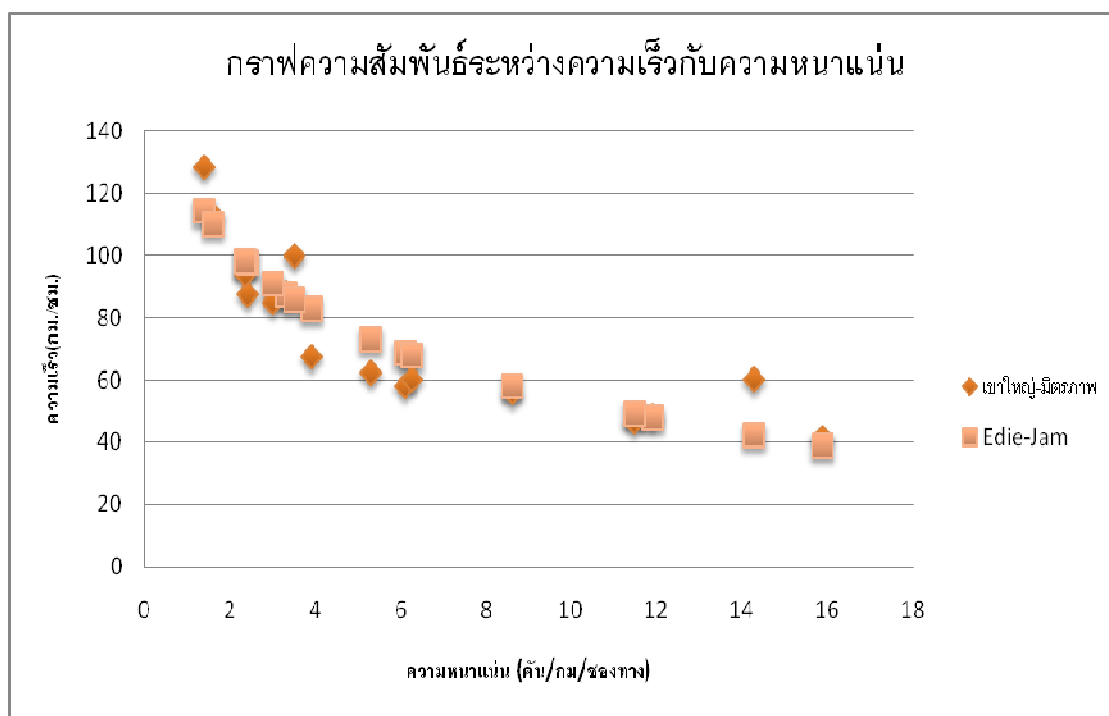
แบบจำลองของ Edie-Low





แบบจำลองของ Edie-Jam





ประวัติผู้เขียน

นางสาววิชาริงคนานนท์ เกิดวันที่ 11 พฤศจิกายน 2528 ที่ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา เข้ารับการศึกษาในระดับเตรียมอนุบาลที่โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ระดับอนุบาลและระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนอนุบาลนครราชสีมา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายที่โรงเรียนสุรนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วิศวกรรมขนส่ง) สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ปีการศึกษา 2551 ขณะศึกษาได้ปฏิบัติงานในตำแหน่งผู้ช่วยวิจัยที่หน่วยปฏิบัติการวิจัยพัฒนาและบริการด้านวิศวกรรมโยธา (CRU) มหาวิทยาลัยสุรนารี

ปีการศึกษา 2553 เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ขณะศึกษาได้รับทุนผู้ช่วยสอนผู้ช่วยวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ระหว่างศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ได้มีการนำเสนอผลงานทางวิชาการจำนวน 1 เรื่อง คือ เรื่องการศึกษาการเลือกรูปแบบการเดินทางจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีไปห้างสรรพสินค้า เดอะมอลล์นครราชสีมา และได้รับการตีพิมพ์ในเอกสารการประชุมวิชาการขนส่งแห่งชาติ ครั้งที่ 8 เมื่อวันที่ 15 – 16 มีนาคม 2555 ณ โรงแรม เดอะไทด์ รีสอร์ท จังหวัดชลบุรี

ผลงานวิจัย: จำนวน 1 เรื่อง คือ เรื่องการประเมินความจุของทางหลวงจากรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างความเร็ว และอัตราการไหล : กรณีศึกษาถนนชนะรัชต์ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ENGSWU3-031) ปีการศึกษา 2555